UNIVERSITATEA DIN BACĂU
FACULTATEA DE INGINERIE

STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE



Curs pentru uzul studenților
Bacău 2006

UNIVERSITATEA DIN BACĂU
FACULTATEA DE INGINERIE

STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE

Curs pentru uzul studenților
Prof.dr.ing. Aneta Hazi
Prof.dr.ing. Gheorghe Hazi

Bacău - 2006

1.GENERALITĂȚI

1.1.Considerații generale asupra instalațiilor electrice ale stațiilor şi posturilor de transformare

Sistemul energetic cuprinde ansamblul instalațiilor care servesc pentru producerea energiei într-o formă utilizabilă, conversia acesteia în energie electrică şi uneori combinat în energie electrică şi energie termică, transportul, transformarea, distribuția şi utilizarea energiei electrice sau termice. Toate elementele unui sistem energetic sunt caracterizate printr-un proces coordonat de producere, transport, distribuție şi consum de energie electrică sau termică.

Sistemul electroenergetic este un ansamblu de centrale, stații, posturi de transformare şi receptoare de energie electrică, conectate între ele prin liniile unei rețele electrice. Sistemul electroenergetic reprezintă partea electrică a sistemului energetic şi cuprinde instalațiile de producere a energiei electrice (generatoarele), instalațiile de transformare a acesteia de la o tensiune la alta (stații şi posturi de transformare), instalațiile de transport şi distribuție a energiei electrice (rețele de înaltă, medie şi joasă tensiune) şi instalațiile de utilizare a acesteia.

Energia electrică produsă de centralele electrice suferă mai multe transformări ale tensiunii pentru a putea fi transportată cu pierderi cât mai mici la distanțe cât mai mari şi apoi utilizată de consumatori. Transportul energiei electrice la distanțe mari şi foarte mari (de ordinul zecilor respectiv sutelor de kilometri) trebuie deci făcut pe linii electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune (110, 220, 400, 750 kV). Transportul energiei electrice la distanțe relativ mici (de ordinul kilometrilor sau cel mult câteva zeci de kilometri), se face cu ajutorul liniilor de medie tensiune (6, 10, 20 kV) iar la distanțe foarte mici (de ordinul sutelor de metri), pe linii de joasă tensiune (0,4 kV). Cu cât tensiune este mai mare cu atât curentul este mai mic şi ca urmare pierderile (consumul propriu tehnologic, C.P.T.) pentru transportul energiei electrice, scad foarte mult deoarece sunt proporționale cu pătratul curentului.

Transformarea nivelurilor de tensiune (necesare transportului energiei electrice cu pierderi cât mai mici cu ajutorul liniilor electrice), au loc în stațiile şi posturile de transformare, care sunt noduri ale sistemului electroenergetic şi la care sunt racordate liniile electrice.

Instalațiile electrice ale stațiilor şi posturilor de transformare pot fi împărțite în următoarele categorii:

a) circuite primare (numite şi principale)
b) circuite secundare
c) servicii proprii (consumatorii proprii tehnologici) şi instalații auxiliare

Circuitele primare ale stațiilor electrice sunt cele parcurse de energia electrică care circulă dinspre centralele electrice spre consumatori. În această categorie a circuitelor primare sunt incluse şi circuite care nu sunt parcurse de fluxul principal de energie dar care sunt racordate în derivație la diverse circuite primare pe care le deservesc, cum sunt circuitele transformatoarelor de tensiune sau ale descărcătoarelor cu rezistență variabilă (DRV).

Circuitele primare funcționează obişnuit la tensiuni relativ ridicate şi sunt parcurse de curenți mari în regim normal de funcționare (cu excepția circuitelor legate în derivație) şi în special în regim de scurtcircuit.

Alegerea (verificarea) aparatelor electrice din circuitele primare (ca de altfel tot echipamentul electric) ale stațiilor electrice, se face comparându-se caracteristicile părții din instalație unde urmează să fie montate (sau sunt montate) cu caracteristicile de catalog (ca şi pentru instalațiile electrice ale centralelor electrice).

Alegerea (verificarea) aparatelor electrice, conform normativelor, se face pe baza unor criterii generale care se aplică tuturor tipurilor de aparate şi pe baza unor criterii specifice fiecărui tip de aparat în parte.

Criteriile generale se împart în două mari grupe:

a) condiţiile de mediu
b) condiţiile electrice

Condiţiile de mediu se referă la altitudine, condiţii climatice, nivel de poluare etc., iar condiţiile electrice se referă la frecvenţă, tensiune şi curent.

Circuitele electrice secundare deservesc circuitele electrice primare şi se caracterizează prin faptul că nu sunt parcurse de fluxul principal de energie care circulă spre consumatori precum şi prin niveluri reduse ale tensiunii (de exemplu U_n=220 V, curent continuu) şi foarte reduse ale curenţilor (de exemplu I_n=5 A, în secundarul transformatoarelor de curent).

Circuitele secundare se împart în *circuite de comandă* şi *circuite de control*. Circuitele de comandă servesc la acţionarea voită (de la faţa locului sau de la distanţă) a diverselor mecanisme aparţinând aparatelor de conectare (întreruptoare, separatoare) şi de reglaj. Circuitele de control sunt cele care deservesc instalaţiile de informare (semnalizare, măsură, înregistrări diverse), blocaj (pentru evitarea manevrelor greşite – blocaje operative, protejării personalului de exploatare – blocaje de siguranţă, protejării instalaţiilor tehnologice – blocaje tehnologice), sincronizare, protecţie prin relee şi automatizare.

Principalele aparate ale circuitelor secundare dintr-o staţie electrică sunt amplasate într-o cameră (ce poate fi cameră de comandă, cameră de supraveghere sau cabină de relee), pe panouri sau pe pupitre, ansamblul acestor panouri şi pupitre formând tabloul de comandă. Legătura aparatelor circuitelor secundare cu aparatele din circuitele primare pe care le deservesc, se realizează cu ajutorul unui foarte mare număr de cabluri speciale de circuite secundare (fiecare cablu are mai multe conductoare izolate corespunzătoare nivelului de tensiune redus), conductoare care datorită curenţilor relativ mici, au secţiune ce obişnuit nu depăşeşte 2,5 mm^2. Cablurile de circuite secundare sunt pozate în canale speciale de cabluri.

Serviciile proprii ale staţiilor electrice (consumatorii proprii tehnologici) se împart în *servicii de curent alternativ* şi *servicii de curent continuu*.

Serviciile proprii de curent alternativ sunt formate din instalaţiile de răcire ale transformatoarelor (autotransformatoarelor), instalaţiile de reglaj ale transformatoarelor (autotransformatoarelor), instalaţiile de încărcare ale bateriei de acumulatoare, instalaţie de ventilaţie a încăperii bateriei de acumulatoare, dispozitivele de acţionare ale întrerupătoarelor şi separatoarelor, instalaţia de aer comprimat, instalaţia de stingere a incendiilor, instalaţia de telecomunicaţii, instalaţia de iluminat, etc. Serviciile proprii de curent continuu sunt formate din iluminatul de siguranţă, unele dispozitive de acţionare a aparatelor, consumatorii ce nu admit întreruperi în funcţionare, etc.

Instalaţiile auxiliare din staţiile electrice sunt formate din instalaţiile menţionate anterior la servicii proprii (sunt atât servicii proprii cât şi instalaţii auxiliare) precum şi din: bateria de acumulatoare, instalaţia de legare la pământ, instalaţia de protecţie împotriva loviturilor directe de trăsnet, etc.

1.2. Terminologie, definiţii

Conform definiţiilor din normative:

- *staţie electrică* este un ansamblu de instalaţii electrice şi construcţii anexe, destinat conversiei energiei electrice şi/sau conectării a două sau mai multe surse de energie electrică ori a două sau mai multe căi de curent;

- *stația de transformare* este o stație electrică care realizează transformarea energiei electrice prin transformatoare de putere;
- *stația de conexiuni* este o stație electrică, care primeşte şi distribuie energie electrică la aceeaşi tensiune şi frecvență, tensiunea între faze fiind mai mare de 1 kV;
- *post de transformare* este o stație de transformare mică, destinată alimentării în joasă tensiune (până la 1 kV inclusiv) a consumatorilor;
- *punct de alimentare* este o stație de conexiuni de medie tensiune, destinată alimentării unor posturi de transformare;
- *instalație electrică de tip deschis* este o instalație electrică în care persoanele sunt protejate numai împotriva atingerilor accidentale a părților sub tensiune, prin îngrădiri de protecție sau prin amplasarea echipamentului la înălțime corespunzătoare în zone inaccesibile atingerilor accidentale;
- *instalație electrică de tip închis* este o instalație electrică în care echipamentul electric este dispus în carcase închise (neetanşe față de aerul atmosferic), astfel încât nici o parte sub tensiune din instalație nu poate fi atinsă;
- *instalație electrică capsulată* este o instalație la care echipamentul este complet închis în carcasă de protecție, etanşă față de aerul atmosferic (în general metalică, legată la pământ). Izolația electrică a echipamentului în interiorul carcasei se realizează prin diverse fluide, în general la presiuni superioare celei atmosferice. Instalația electrică capsulată poate fi instalată fie în exterior (în aer liber), dacă este construită corespunzător, fie în interior (într-un spațiu închis);
- *instalație electrică de conexiune şi distribuție* (sub 1 kV) se numeşte acea instalație care serveşte la primirea şi distribuirea energiei electrice şi care cuprinde ansamblul tablourilor electrice de forță (principale şi secundare) şi a aparatelor, inclusiv căile de curent pentru alimentarea lor;
- *aparate electrice* se consideră toate obiectele principale, exclusiv (auto) transformatoarele de putere cu care se echipează instalațiile electrice şi anume:
    - aparate de conectare – întreruptoare, separatoare, separatoare de sarcină, siguranțe, etc. (inclusiv dispozitivele lor de acționare);
    - transformatoare de măsură;
    - bobine de compensare şi de reactanță;
    - descărcătoare;
    - bobine de blocare şi condensatoare de cuplare pentru instalații de înaltă frecvență.
- *materiale electrice* se consideră toate obiectele care servesc la asamblarea (auto) transformatoarelor de putere şi a aparatelor electrice din instalațiile electrice ca:
    - conductoare izolate sau neizolate;
    - izolatoare;
    - cleme, armături, etc.
- *echipamentul electric* reprezintă totalitatea (auto) transformatoarelor, aparatelor şi materialelor electrice cu care se echipează instalațiile electrice;
- *mărimi nominale* (tensiune nominală, curent nominal, putere nominală, frecvență nominală) sunt caracteristici de dimensionare a echipamentului şi a instalației. Tensiunea nominală (U_n) este valoarea eficace a tensiunii între faze, după care se denumeşte instalația;

2. CONDIȚII GENERALE CE TREBUIE ÎNDEPLINITE DE STAȚIILE ŞI POSTURILE DE TRANSFORMARE

2.1. Condițiile amplasării instalațiilor electrice ale stațiilor şi posturilor de transformare

Amplasarea spațiilor şi posturilor de transformare trebuie făcută ținând seama de factori tehnici, economici şi sociali precum şi de regulile de protecția muncii şi cele de prevenire şi stingere a incendiilor. Amplasarea stațiilor importante, cu funcţii de noduri de rețea se face realizând conexiuni cât mai bune cu sistemul iar a instalațiilor electrice de conexiuni şi distribuție pentru alimentarea consumatorilor, cât mai aproape de centrul de greutate al consumului. Amplasarea stațiilor trebuie făcută prin economisirea la maxim a terenurilor agricole şi forestiere, evitându-se terenurile periculoase (u posibile alunecări de teren, etc.), dacă vor avea personal permanent se amplasează în apropierea zonelor locuite, iar amplasamentul şi instalațiile electrice trebuie protejate împotriva inundațiilor, dacă este cazul realizându-se lucrări speciale de apărare.

Măsurile de apărare a stațiilor împotriva inundațiilor se iau în funcție de importanța lor în cadrul sistemului energetic şi de importanța obiectivelor ce le alimentează, ținând seama de eventualele alimentări de rezervă din alte surse ale acestor obiective.

Pentru realizarea unei investiții cât mai reduse, amplasamentul se stabileşte ținându-se seama de eventuale amenajări existente sau în curs de construcție cum sunt drumuri, căi ferate, instalații de apă, canalizare, etc. Amplasamentul va ține seama de posibilitățile de extindere viitoare. Ieşirile la tensiunile de 6-20 kV, la stațiile urbane, în vederea sistematizării, se realizează în cabluri.

Amplasarea tablourilor de conexiuni şi distribuție în încăperi umede, cu acțiune chimică dăunătoare, cu temperatură ridicată sau cu pericol de incendiu, trebuie evitată. Dacă un astfel de amplasament nu poate fi evitat trebuiesc luate măsuri suplimentare de protecție.

Amplasarea instalațiilor electrice trebuie făcută ținând seama de condițiile climatice ale mediului ambiant, altitudine, pericolul de pătrundere a apei şi prafului, pericolul de coroziune, pericolul de incendiu şi pericolul de deterioră mecanice.

Aparatele de măsură nu pot fi montate în compartimente cu temperaturi sub 0 ^{0}C sau peste 40 ^{0}C, cu excepția cazului când sunt prevăzute încălziri locale ce asigură temperatura minimă necesară iar producătorul aparatului permite acest lucru. Dacă temperatura maximă a spațiului unde este montat echipamentul este cuprinsă între +35 ^{0}C şi +40 ^{0}C se iau măsuri de reducerea încărcării căilor de curent sau de climatizare a încăperilor. Dacă temperatura depăşeşte +40 ^{0}C se montează echipamente speciale ce rezistă la aceste temperaturi. Pentru altitudini de peste 1000 m se utilizează aparate corespunzătoare funcționării la această altitudine iar distanțele de izolație se măresc cu 1,25% pentru fiecare 100 m peste 1000 m dar numai până la 3000 m. Dacă există pericol de a pătrunde apă sau praf, în încăperea de producție electrică se utilizează aparate, tablouri sau dulapuri închise etanş. Dacă în încăpere este pericol de coroziune echipamentul se protejează împotriva umidității şi agentului corosiv respectiv.

Din punct de vedere al pericolului de incendiu, amplasarea stațiilor electrice în raport cu alte construcții trebuie realizată la distanțele minime indicate în normative.

Dacă între instalațiile electrice şi construcțiile vecine se prevede o separare cu pereți antifoc, amplasarea poate fi realizată la orice distanță. Tablourile şi echipamentele montate în

încăperi cu pericol de incendiu se realizează astfel încât să nu poată fi cauza unui incendiu, instalațiile electrice se montează pe panouri, în dulapuri etc., confecționate din materiale incombustibile şi nu se admite amplasarea aparatelor cu ulei.

Amplasarea instalațiilor electrice în locuri unde este pericol de deteriorări mecanice trebuie evitată iar dacă nu este posibil se folosesc mijloace de protecție speciale.

Amplasarea posturilor de transformare şi instalațiilor electrice înglobate în clădiri, nu este permisă sub sau deasupra încăperilor cu aglomerări de persoane, a obiectelor conținând obiecte de mare valoare, a căilor de evacuare, etc.

Instalațiile electrice exterioare echipate cu întreruptoare cu aer comprimat, se amplasează în centre populate, numai cu condiția respectării nivelului de zgomot indicat de prescripții. Instalațiile electrice exterioare se amplasează la o distanță suficient de mare față de copacii învecinați, pentru evitarea căderii eventuale ale acestora peste instalațiile electrice.

În spații de producție deservite de macarale, poduri rulante, etc., instalațiile electrice pot fi amplasate numai în afara zonelor de lucru ale acestor mecanisme. Instalațiile electrice ce se amplasează în spațiile de producție, trebuie să fie de tip închis sau capsulate.

Instalațiile electrice de conexiuni şi distribuție nu se amplasează în podurile sau subsolurile de cabluri. Aparatele şi tablourile electrice se amplasează astfel încât să se poată face uşor întreținerea, verificarea, reparațiile, etc. şi să nu fie stânjenită circulația pe coridoare.

2.2. Condițiile ce trebuie îndeplinite la alegerea schemelor de conexiuni şi a echipamentului din stațiile şi posturile de transformare

Instalațiile electrice trebuie să aibă scheme de conexiuni simple şi clare, care să permită manevre rapide şi sigure, realizarea instalațiilor pentru măsură, protecție şi altor instalații (automatizare, etc.), precum şi separarea de lucru atât a întregii instalații cât şi a unei părți (pentru executarea lucrărilor fără întreruperea întregii instalații), conform exemplelor din fig.2.2 şi 2.3.

Aparatele a căror separare de lucru se face odată cu liniile sau transformatoarele (auto) deservite (transformatoarele de tensiune şi descărcătoarele de pe linii, descărcătoarele montate la bornele transformatoarelor (auto) şi la punctele neutre ale acestora, bobinele şi condensatoarele pentru instalaţia de înaltă frecvenţă pentru telecomunicaţii) nu se prevăd cu o separare de lucru specială. Transformatoarele de curent, din considerente constructive, pot fi uneori montate şi după separatorul de linie (fig.2.4) separarea făcându-se odată cu linia. Separarea de lucru se admite numai dacă se asigură responsabilitatea unică la toate punctele de separaţie pe tot timpul separării de lucru, dacă punctele de separaţie aparţin unor organizaţii de exploatare diferite (fig.2.5) sau sunt la distanţă (fig.2.6). Se admite separare de lucru numai pe o singură parte (spre alimentare), în cazurile când nu poate apare tensiune inversă din partea ce nu a fost separată ca în cazul liniilor radiale (fig.2.7) sau circuitelor motoarelor electrice (fig.2.8) şi se iau măsuri de prevenire a apariţiei unor tensiuni inverse. Separarea de lucru trebuie însă făcută obişnuit pe toate părţile. Se folosesc ca elemente de separare numai aparatele sau dispozitivele cu întreruperea vizibilă a circuitului. La instalaţiile capsulate şi cele interioare de tip închis, separările de lucru pot fi fără întreruperea vizibilă a circuitului dar cu semnalizări sigure de poziţie.

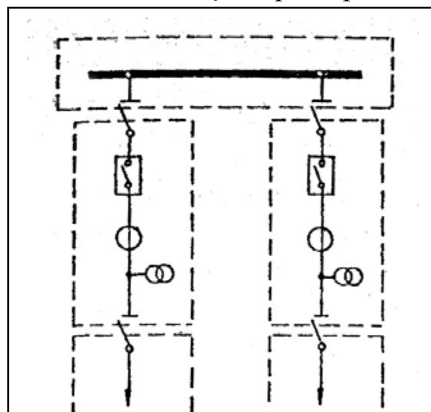


Fig.2.2. Schemă de conexiuni cu simplu sistem de bare ce permite separarea de lucru a barelor colectoare şi echipamentului circuitelor de linie

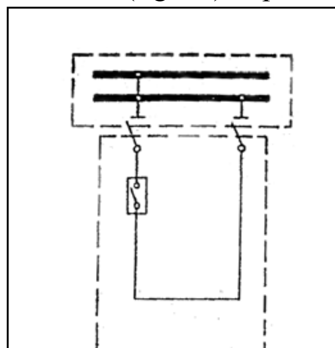


Fig.2.3. Schemă de conexiuni cu dublu sistem de bare ce permite separarea de lucru a barelor colectoare şi echipamentului cuplei transversale

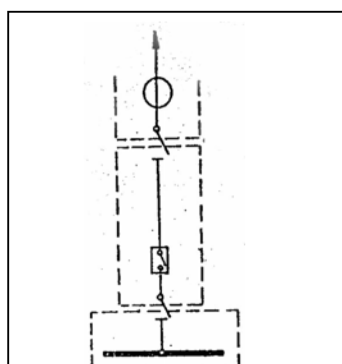


Fig.2.4. Schemă de conexiuni cu simplu sistem de bare ce permite separarea de lucru a barelor colectoare şi a întreruptorului, cu transformatoarele de curent montate după separatorul de linie, separarea sa făcându-se odată cu linia

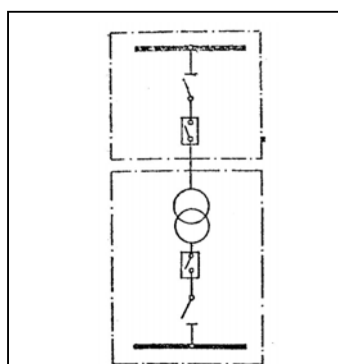


Fig.2.5. Schemă de conexiuni ce permite separarea de lucru a barelor colectoare, separatorului de bare şi întreruptorului cu un nivel de tensiune de transformatorul de putere, întreruptorul, separatorul de bare şi barele colectoare, cu alt nivel de tensiune.

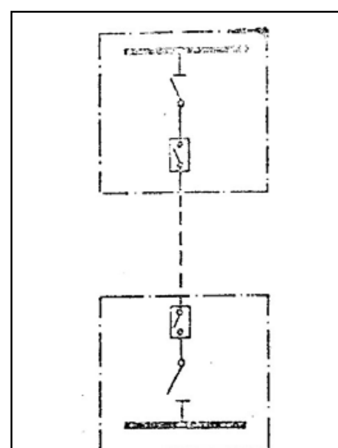


Fig.2.6. Schemă de conexiuni ce permite separarea de lucru a echipamentului de la un capăt al unei linii de echipamentul situat la celălalt capăt al liniei

Instalațiile de conexiuni şi distribuție sub 1 kV se prevăd cu separări de lucru iar dacă acestea nu sunt în acelaşi loc se consideră îndeplinită condiția de separare numai dacă pe timpul separării de lucru este un responsabil unic la toate punctele de lucru. Pentru separare se folosesc numai aparate cu întreruperea vizibilă a circuitului, ca separatoare, întreruptoare în aer, contacte debroşabile, siguranțe fuzibile, etc.

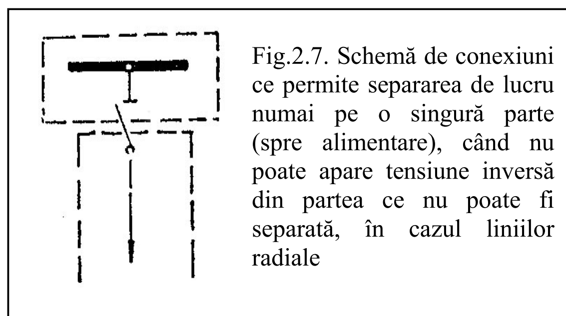


Fig.2.7. Schemă de conexiuni ce permite separarea de lucru numai pe o singură parte (spre alimentare), când nu poate apare tensiune inversă din partea ce nu poate fi separată, în cazul liniilor radiale

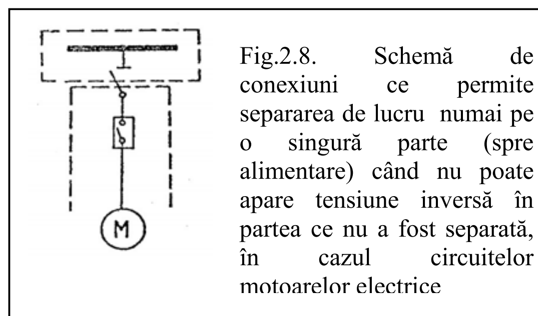


Fig.2.8. Schemă de conexiuni ce permite separarea de lucru numai pe o singură parte (spre alimentare) când nu poate apare tensiune inversă în partea ce nu a fost separată, în cazul circuitelor motoarelor electrice

După separare, partea de instalație scoasă de sub tensiune trebuie să poată fi scurtcircuitată şi pusă la pământ şi pentru aceasta se folosesc instalații fixe (separatoare cu contacte de legare la pământ) sau mobile (scurtcircuitoare mobile). Legarea la pământ prin instalații fixe se face pentru celulele de linie cu tensiuni de peste 20 kV, barele colectoare şi de transfer cu tensiuni de minimum 110 kV precum şi pentru porțiunile de circuit dintre separatoarele de bare şi linie la minimum 220 kV.

Pentru scurte intervale de timp (pentru manevre), chiar dacă se depăşeşte puterea de scurtcircuit, se admite conectarea unor părți de instalație obişnuit separate, cu luarea măsurilor evitării accidentelor în caz de scurtcircuit.

Pe circuitele ce permit deconectările şi conectările necesare (prin protecție şi automatizare) cu aparate ieftine (separatoare de sarcină, siguranțe de înaltă tensiune etc.) trebuie montate întreruptoare.

Alegerea echipamentului electric din stațiile şi posturile de transformare trebuie făcută pe baza condițiilor de mediu. Tensiunile de încercare trebuie majorate cu 1,25% pentru fiecare 100 m creştere de altitudine între 1000 şi 3000 m sau se aleg aparate cu tensiune nominală mai mare. La instalații de tip interior trebuie realizată climatizarea încăperilor dacă nu sunt realizate condițiile de mediu impuse conform normativelor.

Trebuie respectate şi anumite condiții de presiune şi poluare impuse de caracteristicile echipamentului şi de normative.

Echipamentul electric trebuie să aibă o tensiune nominală cel puțin egală cu tensiunea maximă de serviciu a instalației unde se montează şi trebuie să reziste atât la supratensiunile atmosferice cât şi la cele interne. Tensiunea nominală a echipamentului poate în unele cazuri să fie mai mică ca cea a rețelei (de exemplu la transformatoarele de curent şi izolatoarele de pe legătura la pământ a unui punct neutru), dar să reziste la supratensiunile posibile de la locul de montare. În laborator sau la locul de montare trebuie făcută verificarea nivelului de izolație al echipamentului; dacă aceste verificări nu pot fi făcute, trebuie respectate anumite distanțe minime de izolare în aer, distanțe ce sunt date în normative. Trebuie, de asemenea, făcută verificarea echipamentului la scurtcircuit. Se admite utilizarea unor întreruptoare sau separatoare de sarcină cu capacitate de rupere şi de închidere nominală mai mică ca cea de scurtcircuit, dacă aceste aparate nu vor fi utilizate pentru corectări automate la scurtcircuit, cu luarea unor măsuri de protecție a personalului de exploatare (de exemplu comanda la distanță).

Protecția barelor colectoare împotriva defectelor în transformatoarele de tensiune se face prin legarea acestora la bare prin siguranțe fuzibile, pentru instalații electrice cu tensiuni până la 20 kV.

Dacă instalația electrică are circuite legate la surse a căror funcționare în paralel este interzisă, trebuie prevăzută cu blocaje pentru împiedicarea conectării în paralel sau, în cazuri extreme când nu există astfel de blocaje, se montează tăblițe de interdicție.

Intrările în instalațiile de distribuție (tablourile) de joasă tensiune trebuie să aibă întreruptoare manuale sau automate. Intrările în tablourile de joasă tensiune ale posturilor de transformare pot să nu aibă întreruptoare dacă este altă posibilitate de întrerupere a alimentării pe joasă tensiune a tabloului.

2.3. Condiții generale pentru realizarea instalațiilor electrice

Soluțiile constructive care se adoptă pentru instalațiile (stațiile) electrice trebuie să satisfacă o serie de condiții cu caracter general privind:
- siguranța în funcționare a instalațiilor;
- securitatea personalului de exploatare;
- economicitatea soluției.

2.3.1. Siguranța în funcționare a instalațiilor

Modul în care se dispun aparatele şi legăturile conductoare afectează direct gradul de siguranță în funcționare al instalațiilor în regim normal de funcționare sau în condițiile apariției unor perturbații. Măsurile care se iau încă din faza de proiectare a instalațiilor în vederea obținerii unei siguranțe în funcționare satisfăcătoare se referă la:

a) *Asigurarea nivelului de izolare* necesar între diferitele elemente sub tensiune sau între acestea şi pământ, realizabilă prin dispunerea spațială a acestor elemente astfel încât intensitatea câmpului electric în orice situație de funcționare permisă să rămână inferioară valorii critice la care are loc străpungerea mediului izolant folosit. Altfel spus, trebuie asigurate distanțele minime izolante. Aceste distanțe, verificate pe cale experimentală, sunt normate şi valorile lor pentru părți fixe sub tensiune sunt indicate spre exemplificare în tabelul 2.1. În cazul conductoarelor flexibile, distanțele din tabel se suplimentează cu distanțele de deplasare a conductoarelor în urma acționării sarcinlor care solicită conductorul.

b) *Reducerea riscului de avarie datorită arcurilor electrice,* care în general sunt mobile, deplasându-se sub acțiunea câmpurilor electromagnetice şi termice intense, dezvoltate la scurtcircuite polifazate şi care pot deci scoate din funcțiune parțial sau total stația electrică.

În vederea limitării efectelor în cazul apariției unui defect prin arc, se recurge la anumite artificii constructive, cum ar fi prevederea unor pereți despărțitori rezistenți mecanic între:
- celule alăturate;
- barele colectoare şi restul echipamentelor;
- diferite părți din interiorul celulelor, funcție de mărimea curentului de scurtcircuit;
- secții de bare colectoare.

Aceste măsuri constructive se iau, de obicei, la instalații de tip interior. La instalații în aer liber, din cauza intervalelor mari între părțile sub tensiune şi într-o oarecare măsură datorită acțiunii în general favorabile a curenților de aer, este suficient să se facă un amplasament corespunzător al aparatajului pentru a se limita efectele unui defect prin apariția arcului electric.

c) *Reducerea riscului de avarie din cauza solicitărilor accidentale mecanice* se referă în special la următoarele trei aspecte:

- dispunerea separatoarelor astfel încât să nu fie posibilă deschiderea accidentală a cuțitelor principale sub acțiunea greutății proprii sau a forțelor electrodinamice, respectiv închiderea cuțitelor de legare la pământ, fig.2.1;
- prin dispunerea judicioasă a legăturilor conductoare este posibil ca avariile cauzate de ruperea acestor legături sau a lanțurilor de izolatoare să nu se extindă, conform exemplificării din fig.2.2;
- este indicat ca izolatoarele de porțelan să fie solicitate în special la compresiune şi nu la încovoiere, conform fig.2.3.

d) *Diminuarea pericolului de incendiu* urmăreşte realizarea de dispozitive anexe care să limiteze efectele nocive ale unui incendiu pe cât posibil la zona în care s-a produs, ştiut fiind că în instalațiile electrice există materiale puternic inflamabile – uleiul de transformatoare, bobine, cabluri şi respectiv o bună parte din materialele izolante ale acestora.

2.3.2. Securitatea personalului de exploatare

Se prevede evitarea expunerii persoanelor din stația electrică la şocuri electrice, termice (la scurtcircuite ori puneri accidentale sub tensiune) sau mecanice (explozii). În acest sens se prevăd astfel dispozițiile constructive încât să împiedice pătrunderea accidentală a personalului de deservire în zone care prezintă riscurile citate mai sus, să protejeze termic şi mecanic culoarele de acces în instalație.

Un principiu verificat este acela ca la revizii/reparații separarea locului de lucru să poată fi făcută astfel încât să fie scos din funcțiune numai elementul la care se lucrează. Se folosesc separări de protecție şi în general se dispun la distanțe inaccesibile – numite distanțe de protecție – părțile sub tensiune.

2.3.3. Economicitatea soluției

Se apreciază prin prisma efortului de investiție şi a cheltuielilor de exploatare. Aceste elemente se pot influența favorabil printr-o serie de măsuri, din care se citează:

- limitarea spațiilor ocupate şi în special a volumului de lucrări de construcții;
- limitarea lungimii căilor de curent şi a numărului de izolatoare;
- eşalonarea rațională a etapelor de realizare a investiției;
- simplificarea execuției prin folosirea masivă a elementelor tipizate;
- reducerea volumului cheltuielilor de exploatare.

3. SCHEME ELECTRICE DE CONEXIUNI ALE CIRCUITELOR PRIMARE DIN STAȚIILE ŞI POSTURILE ELECTRICE

3.1. Criterii de clasificare ale stațiilor electrice şi de analiză tehnico-economică a diferitelor structuri de scheme de conexiuni pentru circuitele lor primare

Circuitele primare ale unei stații electrice conțin acele elemente şi echipamente care realizează nemijlocit transferul energiei electrice, sau concură nemijlocit la realizarea acestui transfer. În componența acestora intră transformatoarele de forță și autotransformatoarele, întreruptoarele, separatoarele, barele colectoare, bobinele de reactanță, transformatoarele de măsură, conductoarele de legătură etc.

Circuitele primare ale unei stații electrice sunt realizate fizic sub formă de celule. Celula este o parte componentă a unei stații, care conține echipamentele aparținând unui singur circuit sau unui dispozitiv de legătură între diverse părți din stație sau unui dispozitiv de măsurare sau de protecție şi care constituie din punct de vedere constructiv şi al spațiului pe care îl ocupă o unitate distinctă. Numele celulei este dat de numele circuitului ale cărui elemente alcătuiesc celula.

Orice stație electrică conține cel puțin o instalație de conexiuni.

Instalația de conexiuni este un ansamblu de elemente şi echipamente, legate funcțional între ele, amplasate pe un teritoriu comun, deservite de aceeaşi formație de lucru şi având drept scop primirea şi cedarea energiei electrice la aceeaşi valoare a tensiunii. Instalația de conexiuni conține aparate de comutație, sisteme de bare colectoare, aparate şi echipamente pentru protecția împotriva supratensiunilor, transformatoarelor de măsură, conductoare de legătură, diferite echipamente auxiliare.

Dacă o stație electrică realizează transfer de energie între puncte aflate la acelaşi nivel de tensiune, atunci acea stație conține numai instalația de conexiuni de la acel nivel de tensiuni, clădirile şi instalațiile anexe şi nu conține transformatoare de forță sau autotransformatoare. În acest caz stația are caracter de stație de conexiuni.

Dacă o stație electrică realizează transfer de energie între puncte aflate la acelaşi nivel de tensiune, atunci acea stație conține numai instalația de conexiuni de la acel nivel de tensiune, clădirile şi instalațiile anexe şi nu conține transformatoare de forță sau autotransformatoare. În acest caz stația are caracter de stație de conexiuni.

Dacă o stație electrică realizează transfer de energie între puncte aflate la nivele de tensiuni diferite, atunci acea stație, în afara instalațiilor de conexiuni de la acele nivele de tensiune, a clădirilor şi instalațiilor anexe, mai conține şi transformatoare de forță sau autotransformatoare, care fac legătura între acele nivele de tensiune. În acest caz stația respectivă are caracter de stație de transformare şi conexiuni.

Circuitele primare ale unei stații electrice se reprezintă grafic prin schema electrică de conexiuni. *Schema electrică* de conexiuni a circuitelor primare dintr-o stație electrică este reprezentarea prin semne convenționale, stabilite prin standarde, a configurației acestor circuite.

Schema de conexiuni a circuitelor primare ale unei stații electrice este compusă din schemele instalațiilor de conexiuni care intră în componența stației respective, legătura dintre aceste scheme fiind realizată de către transformatoarele de forță sau autotransformatoarele

stației. În mod obişnuit pentru fiecare din nivelele de tensiune ale unei stații electrice se prevede câte o instalație de conexiuni. Există însă şi cazuri particulare când pentru unul sau mai multe nivele de tensiune dintr-o stație, instalațiile de conexiuni de la acele nivele nu conțin sisteme de bare colectoare, devin extrem de simple sau chiar dispar.

Sunt următoarele categorii de scheme ale circuitelor electrice primare:

- scheme monofilare;
  - principiale;
  - complete;
- scheme multifilare;
- scheme de montaj.

Schemele monofilare reprezintă elementele şi legăturile dintre ele pentru o singură fază (schema presupune o simetrie perfectă pentru toate fazele). Ele sunt *principiale* atunci când se reprezintă pe ele numai generatoarele şi transformatoarele iar barele colectoare sunt date sub forma cea mai simplă (bară simplă nesecționată). Acestea se folosesc în special în etapa inițială de proiectare pentru operațiile de comparare grosieră a variantelor, sau la reprezentarea de părți mari ale sistemului (fig.3.1).

Schemele monofilare *complete* conțin toate elementele instalației corespunzătoare unei faze.

Simbolurile folosite în schemele circuitelor electrice primare din centrale şi stații sunt date în tabelul 3.1.

Schemele electrice multifilare reprezintă numărul real de conductoare a fiecărui circuit. De obicei aceste scheme se întocmesc numai pe porțiuni din instalații şi servesc pentru scoaterea în evidență a unor particularități de detaliu, de exemplu pentru indicarea unor asimetrii în raport cu cele trei faze.

Schemele electrice de montaj cuprind elementele instalației în perfectă concordanță cu amplasarea lor pe teren. Ele folosesc la montarea şi la exploatarea instalațiilor.

Schema electrică de conexiuni a circuitelor primare ale unei stații electrice depinde în măsură hotărâtoare de locul de amplasare şi de funcția pe care o îndeplineşte stația respectivă în cadrul sistemului energetic.

După locul de amplasare în cadrul sistemului eletroenergetic, stațiile electrice pot fi stații de centrală şi stații de rețea sau de sistem. Stațiile de centrală sunt amplasate lângă centralele electrice, iar cele de rețea sunt amplasate în diferite puncte ale sistemului energetic.

După funcțiile pe care le îndeplinesc în cadrul sistemului electroenergetic, stațiile electrice pot fi: stații de evacuare, stații de transfer, stații de distribuție şi stații cu funcțiuni multiple.

Stațiile de evacuare au funcția de a realiza injecția în sistemul electroenergetic a puterii produse în centralele electrice, fără a alimenta direct vreun consumator. Stațiile de evacuare sunt stații de centrală.

Stațiile de transfer au funcția de a realiza transferul de putere între două sau mai multe puncte ale sistemului electroenergetic, fără a alimenta direct consumatori concentrați.

Stațiile de distribuție au funcția de a alimenta direct consumatorii. Cele mai simple, dar şi cele mai numeroase stații de distribuție sunt posturile de transformare. Acestea sunt stații de distribuție de importanță locală, care conțin unul sau mai multe transformatoare de forță, prin intermediul cărora se modifică tensiunea de la valoarea medie (20kV; 10kV; 6kV) la o valoare joasă (0,4kV).

În general posturile de transformare sunt alimentate din stațiile de distribuție de înaltă/medie tensiune. Când este necesară instalarea într-o anumită zonă a unui număr mare de posturi de transformare cu putere nominală mai mică decât 1000kVA, nu mai este economică alimentarea lor individuală de la barele colectoare de medie tensiune ale stațiilor de

distribuţie. În aceste cazuri, din staţia de distribuţie porneşte unul sau mai multe cabluri de medie tensiune (fideri) până într-un punct situat aproximativ în centrul de greutate al consumatorilor din zona respectivă. În acest punct se amplasează o instalaţie de conexiuni de medie tensiune, denumită punct de alimentare, din care energia este distribuită spre posturile de transformare din zonă.

Staţiile cu funcţiuni multiple au mai mult decât o funcţiune din cele amintite mai sus.

Ţinând seama de criteriile de clasificare ale staţiilor electrice prezentate mai sus, sistemul electroenergetic s-ar putea reprezenta schematic ca în fig.3.1. În cadrul staţiilor de transfer, precum şi în cadrul staţiilor de distribuţie pot să nu apară întotdeauna instalaţii de conexiuni, motiv pentru care în fig.3.1 acestea au fost reprezentate cu linie întreruptă.

3.2. Tipuri de scheme de conexiuni folosite la staţiile electrice

3.2.1. Criterii generale tehnice şi economice pentru alegerea schemelor de conexiuni

Schemele electrice de conexiuni ale instalaţiilor primare din staţiile electrice constituie elementul caracteristic cel mai important al unei astfel de instalaţii. Tendinţa de a se realiza instalaţii cât mai bine adaptate scopului pentru care au fost create şi mijloacele disponibile au condus la apariţia unui număr mare de tipuri şi variante de scheme electrice de conexiuni, determinate de condiţii din ce în ce mai complexe şi variate în care este pusă să funcţioneze o staţie electrică. Acest proces de diversificare a antrenat în acelaşi timp dificultăţi crescânde în determinarea soluţiei optime, a celei mai indicate scheme de conexiuni pentru o anumită staţie. Astfel, la alegerea unei scheme de conexiuni a unei staţii electrice este necesar să se aibă în vedere, în afară de caracteristicile specifice ale instalaţiei analizate, şi o serie de criterii care pot să influenţeze structura schemei. În acest scop se ţine seama de:

- *Condiţiile de funcţionare ale sistemului energetic în punctul respectiv,* care se referă la tensiunile necesare, circulaţiile de curenţi în diverse regimuri, puterile şi curenţii de scurtcircuit, necesităţile de secţionare pentru izolarea anumitor consumatori, condiţiile legate de comportarea în timpul avariilor, posibilităţile de extindere, prevederea de instalaţii de reglaj, etc.
- *Caracteristicile consumatorilor alimentaţi,* referitoare la siguranţa în funcţionare a acestor consumatori, respectiv la exigenţa necesară cu privire la frecvenţa şi durata întreruperilor. De asemenea, consumatorii pot influenţa alegerea schemei prin anumite caracteristici funcţionale specifice, ca de exemplu necesitatea atenuării efectelor unor şocuri de putere activă sau reactivă, a unor regimuri deformante, a disimetriilor de curent, etc.
- *Caracteristicile echipamentului,* respectiv calitatea echipamentului, pot influenţa structural schema de conexiuni. În mod deosebit siguranţa în funcţionare a întreruptoarelor, a transformatoarelor şi autotransformatoarelor utilizate influenţează asupra tipului de schemă folosit.
- *Condiţiile de exploatare,* care se referă la amplasarea pe teren (forma şi dimensiunile terenului) şi la claritatea schemei pe care trebuie să o ofere personalului de exploatare.
- *Criteriul economicităţii,* care este introdus prin intermediul unui indicator tip de eficienţă economică, cel al cheltuielilor anuale minime de calcul. În acest fel, se ţine seama atât de cheltuielile anuale datorate reviziilor-reparaţiilor, retribuţiilor, consumului propriu tehnologic, pierderilor de energie, costul energiei nelivrare

datorită întreruperilor planificate sau accidentale (daune de continuitate), penalizările pentru abaterile de la valorile nominale ale parametrilor de calitate a energiei electrice (daune de calitate), cât şi de investiţiile efectuate şi termenul normat de recuperare a investiţiei. Soluţia optimă reprezintă deci compromisul între volumul investiţiilor, cheltuielile anuale şi daunele medii probabile.

3.2.2. Rolul aparatelor de comutare în schemele electrice de conexiuni

Comutarea (închiderea, deschiderea) diverselor căi (circuite) de energie electrică şi localizarea defectelor în instalaţii se realizează cu ajutorul întreruptoarelor.

Întreruptoarele sunt aparate de comutare a circuitelor de ÎT atât în prezenţa curenţilor de lucru cât şi a curenţilor de suprasarcină sau scurtcircuit. Cu ele se realizează toate operaţiile de închidere, deschidere în regim de mers în gol, de mers la sarcină normală sau la scurtcircuite.

Declanşarea rapidă automată în caz de scurtcircuit, este operaţia principală şi cea mai importantă a întreruptoarelor, prevenind avarierea şi distrugerea echipamentelor electrice datorate curenţilor de scurtcircuit. De asemenea, un rol important îl au întreruptoarele în eliminarea abaterilor posibile de la funcţionarea normală a sistemului energetic (perturbaţii în alimentarea cu energie electrică, pierderea stabilităţii agregatelor ce funcţionează în paralel, etc.). Prin declanşare întreruptoarele localizează zonele defecte separându-le de restul reţelei.

Având capacitatea de a întrerupe sau restabili curentul de scurtcircuit, întreruptoarele se folosesc împreună cu dispozitivele de automatizare (RAR) pentru a încerca restabilirea regimului normal de funcţionare după defectele trecătoare care dispar odată cu dispariţia tensiunii.

Întreruptoarele sunt elementele importante cele mai solicitate, mai complexe şi mai scumpe din instalaţii. Ele trebuie montate în schemă astfel încât să poată fi uşor revizuite, reparate sau înlocuite.

Separatoarele sunt aparate de comutare, care separă în mod vizibil şi cu suficientă izolaţie conductoarele unui circuit în scopul protejării personalului care lucrează în instalaţie. Separatorul este un aparat mecanic de conectare care, pentru motive de securitate, asigură în poziţia deschis o distanţă de izolare predeterminată între bornele fiecărui pol.

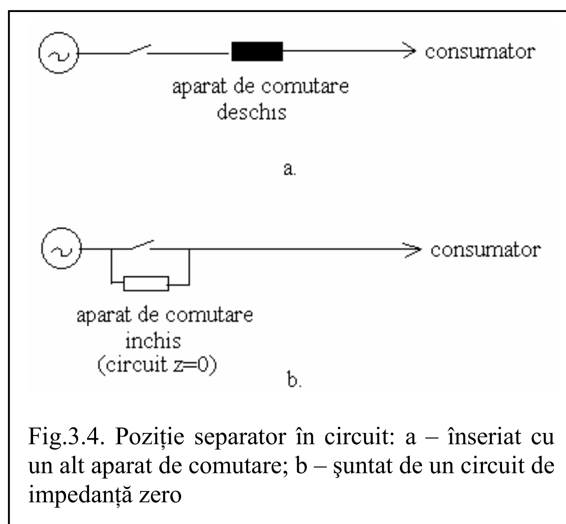


Fig.3.4. Poziţie separator în circuit: a – înseriat cu un alt aparat de comutare; b – şuntat de un circuit de impedanţă zero

Separatorul se utilizează pentru a deschide sau închide un circuit atunci când un curent de intensitate neglijabilă este întrerupt sau stabilit şi atunci când nu se produce nici o schimbare de tensiune la bornele fiecărui pol al separatorului.

Deschiderea separatorului se face totdeauna în urma întrerupătorului corespunzător iar închiderea se face înaintea acestuia. În unele cazuri separatoarele se

folosesc pentru deconectarea unor curenți mici (curenți de mers în gol a transformatoarelor mici şi a LEA scurte).

Ele se mai folosesc în schemele circuitelor electrice primare pentru realizarea unei anumite configurații de funcționare a instalației, care configurație este apoi definitivată cu ajutorul întreruptoarelor.

Separatoarele se mai folosesc pentru legarea vizibilă la pământ a unei părți din instalație fără tensiune (în acest scop se folosesc mai puțin separatoarele speciale şi mai mult cuțite suplimentare ale separatoarelor din schemă). Oricare ar fi rolul separatoarelor în schemă, acestea neputând comuta curenți, vor fi manevrate numai atunci când prin comutarea lor nu se produce nici o schimbare de tensiune la bornele oricărui pol al său. Practic această situație poate apare în două cazuri:

- separatorul se găseşte pe acelaşi circuit (înseriat) cu un alt aparat de comutare care este deschis, fig.3.4.a;
- separatorul este şuntat de un circuit de impedanță zero, fig.3.4.b.

Există între întreruptoare şi separatoare o clasă intermediară de aparataj de ÎT care are capacitatea de a comuta (întrerupe sau restabili) curentul normal de sarcină dar nu pe cel de scurtcircuit. Acestea poartă numele de separatoare de putere sau întreruptoare de sarcină. Sunt mai simple şi mai ieftine decât întreruptoarele şi se folosesc în special la MT pe circuitele de mai mică importanță, de obicei combinate cu siguranțe fuzibile legate în serie. La folosirea unei astfel de combinații comutările din regim normal se fac cu separatoarele de putere sau întreruptoarele de sarcină respective iar separarea unui scurtcircuit se face de către siguranțele fuzibile.

O combinație similară se face în cazul circuitelor de curent normal foarte mic (exemplu circuit transformator de tensiune) între separatoare şi siguranțe fuzibile.

Siguranțele fuzibile de ÎT sunt aparate care asigură, prin deconectare, protecția instalațiilor față de curenții de scurtcircuit şi față de suprasarcinile inadmisibile.

Siguranța fuzibilă este un aparat de conectare şi de protecție care întrerupe în mod automat curentul în limita puterii sale nominale de rupere prin topirea unei părți a căii de curent.

Elementul fuzibil al siguranței se conectează în serie în circuitul instalației protejate şi este topit direct de curentul de scurtcircuit sau curentul de suprasarcină care trece prin acesta.

Tot din categoria siguranțelor ar putea face parte şi limitatoarele de curent folosite în unele țări pentru întreruperea instantanee a unui circuit când curentul depăşeşte o anumită valoare.

Întreruperea circuitului se face instantaneu prin intermediul unui cartuş exploziv amorsat de încălzirea unui filament.

Tot din categoria aparatelor de comutare fac parte şi *scurtcircuitoarele.* Acestea sunt aparate din categoria separatoarelor cu închidere rapidă care pot stabili valoarea curentului de scurtcircuit în locul în care sunt montate. Ele se folosesc în scopul protejării unor circuite sau agregate prin declanşarea întreruptoarelor montate în alt loc din amontele punctului unde ele se găsesc. Montate de exemplu la bornele unui transformator legat direct la o linie poate provoca declanşarea întreruptorului liniei, întreruptor aflat în altă stație, la defectele incipiente din transformator.

Separatoarele de izolare sunt separatoare cu deschidere automată la lipsa de tensiune şi deci a curentului. Folosite împreună cu scurtcircuitoarele, pot separa porțiunea defectă de rețea imediat după declanşarea întreruptorului datorită acțiunii scurtcircuitorului pentru ca restul rețelei să poată fi pus sub tensiune prin acțiunea RAR.

3.2.3. Principalele scheme electrice de conexiuni folosite

3.2.3.1. Scheme cu bare colectoare simple

Schemele cu bare colectoare au ca element central barele colectoare, bare la care se leagă prin intermediul aparatajului de comutare toate circuitele (linii, transformatoare, generatoare, etc.) ce aduc sau extrag energia electrică în şi din nodul respectiv. Barele colectoare realizează practic legătura dintre toate circuitele ce se racordează la staţia respectivă. Este dispusă transversal pe direcţia circuitelor aferente şi permite exploatarea comodă a staţiei.

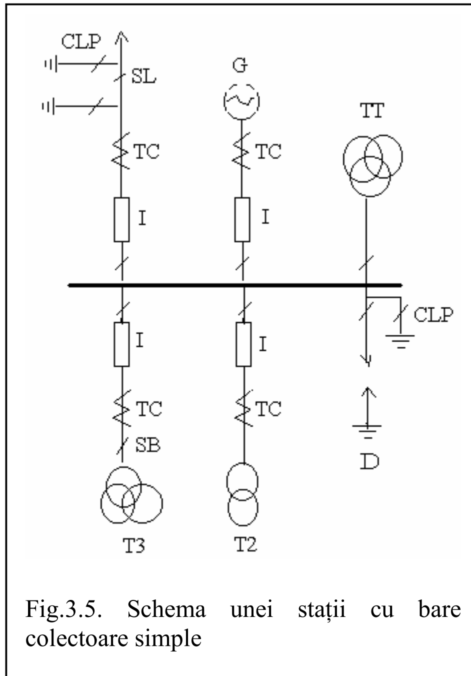


Fig.3.5. Schema unei staţii cu bare colectoare simple

Cea mai simplă şi mai ieftină schemă este cea cu bară simplă nesecţionată, fig.3.5.

Spaţiul în care se montează aparatele ce aparţin unui circuit se numeşte celulă. În fig.3.5 se dă componenţa celulelor de generator (G), transformator cu două înfăşurări (T2), transformator cu trei înfăşurări (T3), linie (L), măsură (CM) şi descărcătoare (D).

Separatoarele de bare au rolul de a separa în vederea intervenţiilor directe, echipamentul din celulă, de barele colectoare care pot rămâne astfel sub tensiune. Lipsa separatoarelor de bare ar impune de fiecare dată când e necesar accesul într-o celulă să fie scoasă de sub tensiune întreaga instalaţie.

Separatorul de linie (SL) separă vizibil linia de întreruptor în scopul accesului personalului la acesta din urmă. El trebuie demontat atunci când există sursă de tensiune (generator, sistem) în celălalt capăt al liniei. Separatorul de linie poate avea cuţite de punere la pământ de o parte sau de alta a sa în scopul legării la pământ a elementului respectiv în cazul intervenţiei la acesta. În special la liniile în cablu cuţitele de punere la pământ sunt folosite şi pentru descărcarea sarcinii electrostatice (capacitive) remanente după deconectarea acestuia de la sursa de tensiune.

Similar separatorului de linie, există în celula transformatorului cu trei înfăşurări (T3), *separatorul de borne* (SB). Acesta foloseşte la separarea întreruptorului din celulă fără a scoate din funcţiune celelalte două înfăşurări ale transformatorului.

Cuţitele de legare la pământ (CLP) ale separatorului de bare din celula de măsură sau descărcătoare (D) folosesc la descărcarea sarcinii electrostatice, respectiv punerea la pământ a barelor colectoare înainte de eventualele intervenţii la acestea.

Transformatorul de curent (TC) serveşte la racordarea aparatelor de măsură, protecţie, etc. La curentul circuitului respectiv. El este necesar pentru a transforma valoarea curentului primar (care străbate circuitul) valoare, în cele mai multe cazuri, mare sau foarte mare, în scopul de a face posibilă racordarea aparatelor de măsură de curenţi mici şi deci mai puţin voluminoase şi mai ieftine. Montarea transformatoarelor de curent permite, de asemenea, ca aparatele de măsură, protecţie, etc. Care măsoară sau supraveghează valoarea curentului să fie amplasate oriunde şi nu numai în apropierea circuitului respectiv.

Curentul care străbate circuitele racordate la secundarul transformatorului de curent fiind mai mic, rezultă că şi conductoarele acestor circuite vor fi de secţiune mai mică.

Circuitele alimentate de secundarul transformatorului de curent au un curent nominal a cărui valoare este normalizată, în general, la 5 A iar la tensiuni mari - 1 A. De remarcat că se montează transformatoarele de curent şi pe circuitele de ÎT al căror curent este egal sau mai mic decât cel al aparatului de măsură. Aceasta cu scopul de a izola circuitele secundare de ÎT. În principiu, totdeauna este necesar, acolo unde este montat un întreruptor şi un transformator de curent.

Stația cu bară simplă nesecționată are avantajul că este simplă, ieftină, foloseşte spațiu redus şi este uşor de exploatat. Ea oferă însă, o siguranță în funcționare redusă, fiind scoasă din funcțiune în întregime pe toată durata reparației oricărui defect pe barele colectoare sau a separatoarelor de bare.

3.2.3.2. Secționarea barelor colectoare

Pentru a nu fi scoasă din funcțiune întreaga stație pe toată durata reviziei, reparației, se practică secționarea longitudinală a barei colectoare cu unul, cu două separatoare sau cu o cuplă longitudinală funcție de gradul de elasticitate dorit, fig.3.6. Prin secționare longitudinală a barelor se mai realizează următoarele deziderate:

- limitarea curenților de scurtcircuit;
- limitarea influenței consumatorilor cu şocuri asupra celorlalte categorii de consumatori;
- alimentarea mai sigură a unor consumatori importanți prin legarea acestora la ambele secții de bare.

Revizia secțiilor de bare se face pe rând prin deconectarea prealabilă a circuitelor aferente secției respective şi a separatorului SCL; doar revizia separatorului SCL implică scoaterea din funcțiune a întregii bare colectoare. Aceasta se poate remedia prin înserierea a două separatoare de cuplă longitudinală ca în fig.3.4.b, când revizia unei secții de bare se extinde şi la separatorul de cuplă alăturat, celălalt separator de cuplă fiind deschis.

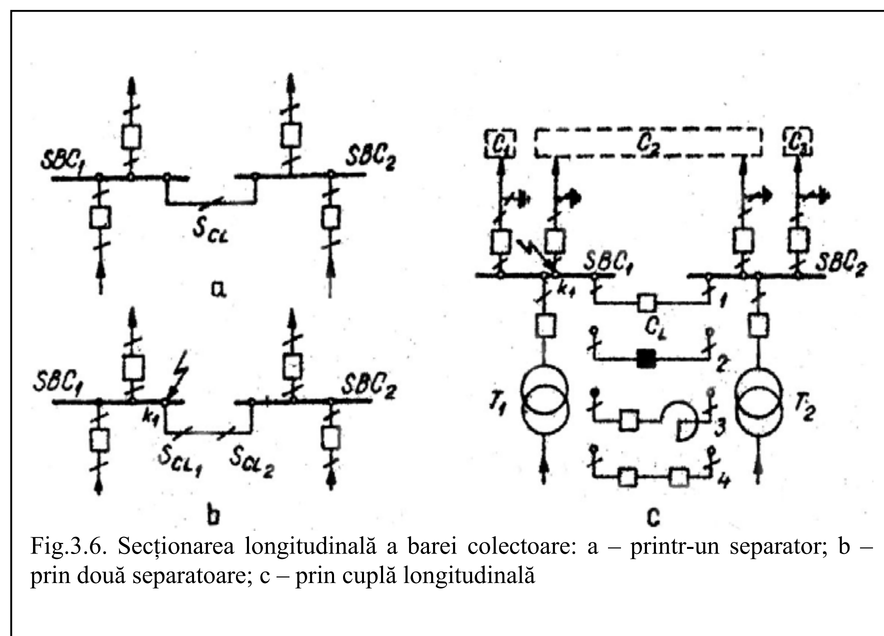


Fig.3.6. Secționarea longitudinală a barei colectoare: a – printr-un separator; b – prin două separatoare; c – prin cuplă longitudinală

Secționarea longitudinală cu separatoare realizează totuşi un grad de elasticitate modest, caracterizat prin aceea că orice defect pe una din secțiile de bare conduce la declanşarea întregii stații, funcționarea secției neavariate fiind reluată după izolarea secției defecte prin deschiderea cuplei.

Prezența întreruptorului de cuplă longitudinală oferă elasticitate sporită. În regimul de funcționare de cuplă închisă, varianta (1) în fig.3.4.c, apare evident avantajul că în cazul unui defect pe una din secții cealaltă secție de bare își continuă neîntreruptă funcționarea prin declanșarea întreruptorului cuplei.

În regimul de funcționare cu cupla normal deschisă, pentru limitarea curenților de scurtcircuit, varianta (2), stația este în general alimentată de la două surse diferite, fie acestea transformatoarele T1 și T2, acționarea întreruptorului cuplei este supravegheată de automatizarea AAR (anclanșarea automată a rezervei); astfel, cu ocazia defectării unui transformator, întreruptorul său deconectează și după o scurtă pauză de timp, în care secția de bare aferentă rămâne nealimentată, anclanșează întreruptorul cuplei longitudinale și secția întreruptă este realimentată de la transformatorul rămas, care preia toată sarcina stației. Anterior, cupla era în rezervă caldă având separatoarele închise.

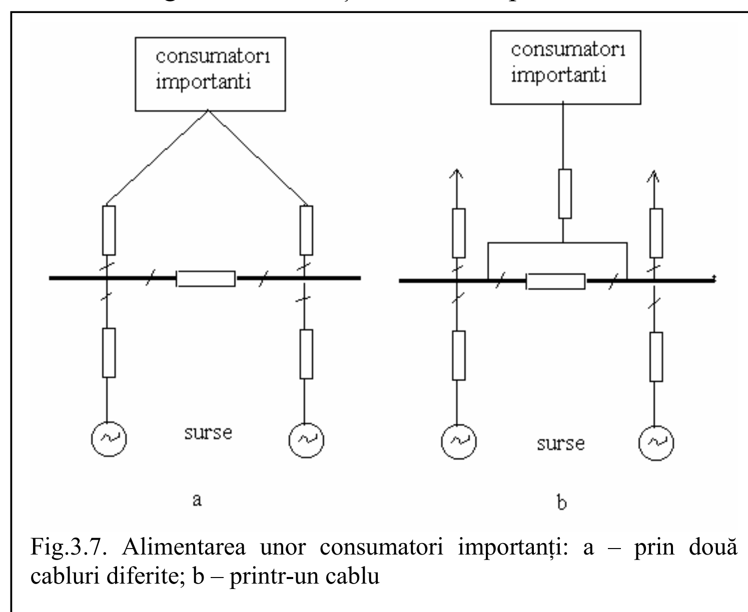


Fig.3.7. Alimentarea unor consumatori importanți: a – prin două cabluri diferite; b – printr-un cablu

Uneori, din motive de limitare a plafonului curenților de scurtcircuit pe bară, cupla include și o bobină de reactanță (varianta 3, fig.3.6.c).

În cazuri rare, când se dorește o elasticitate și o siguranță sporită a circuitului de cuplă, se înseriază două întreruptoare (varianta 4, fig.3.6.c).

Legarea consumatorilor importanți la cele două secții de bare se poate face fie prin două cabluri diferite, fig.3.7.a, fie printr-un singur cablu (fig.3.7.b), cablu ce poate fi comutat prin separatoare la oricare din secții cu două separatoare.

Această schemă electrică de conexiuni, cu bara secționată longitudinal, a căpătat o largă răspândire mai ales la 6-20 kV. Bara, executată de obicei din bară sau țeavă de aluminiu, contribuie și mai mult la reducerea cheltuielilor de întreținere ale stației electrice.

3.2.3.3. Scheme cu o bară colectoare și o bară de ocolire (transfer)

În instalații cu multe plecări și deci multe întreruptoare, pentru revizia și repararea fiecărui întreruptor fiind necesară scoaterea din funcțiune a circuitului respectiv, se impune găsirea unei soluții de rezervare a întreruptoarelor.

Folosirea cuplei transversale de la sistemele duble drept rezervă de întreruptor este anevoioasă deoarece este necesar ca locul întreruptorului înlocuit să fie șuntat blocându-se totodată și sistemul de bare de rezervă, lucru nerecomandat din cauza multiplelor funcții ale acestuia.

Înlocuirea oricărui întreruptor prin unul de rezervă se poate face în schemele de bare de transfer unde rolul de întreruptor de rezervă este jucat de întreruptorul cuplei de transfer.

În fig.3.8 se prezintă schema de conexiuni a unei astfel de staţii. Se oferă posibilitatea scoaterii în revizie-reparaţie a oricărui întreruptor din instalaţie fără sacrificarea continuităţii în alimentare, prin înserierea cuplei de transfer. Astfel, pentru linia L3, de exemplu, se creează o a doua cale de alimentare „ocolită”, desenată punctat în fig.3.6, prin închiderea cuplei şi separatorului de ocolire (transfer) aferent liniei, S_{OCL3}. Întreruptorul I_{L3} urmează să fie scos în revizie-reparaţie, locul lui fiind luat de I_{CO}.

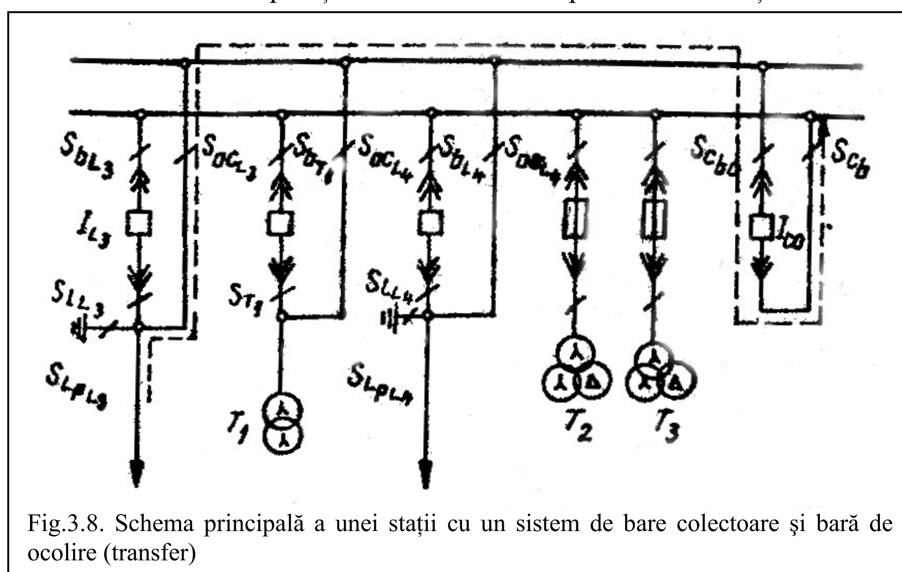


Fig.3.8. Schema principală a unei staţii cu un sistem de bare colectoare şi bară de ocolire (transfer)

Testarea pasageră cu I_{CO} a barei de transfer, impusă de ordinea manevrelor, în cazul în care L3 este deja în funcţiune pare o manevră complicată, inutilă. Ea este însă necesară pentru încercarea cu tensiune a barei de transfer. Ocolirea tuturor circuitelor nu este necesară. În fig.3.8 s-a arătat că transformatoarele cu trei înfăşurări nu au fost racordate la bara de transfer, ele putând să asigure alimentarea consumatorilor şi deci putând fi retrase din exploatare.

3.2.3.4. Scheme cu dublu sistem de bare colectoare şi un întreruptor pe circuit

Este schema care a căpătat o largă răspândire în instalaţiile de comutaţie electroenergetică de unde se alimentează consumatori mai importanţi. În comparaţie cu schema cu sistem simplu de bare, schema cu dublu sistem de bare colectoare oferă un grad de eklasticitate sporită prin posibilitatea racordării circuitelor aferente la oricare din cele două noduri electrice (bare colectoare).

Fiecare circuit se racordează la sistemul dublu de bare colectoare prin intermediul întreruptorului şi a două separatoare de bare, fig.3.9.

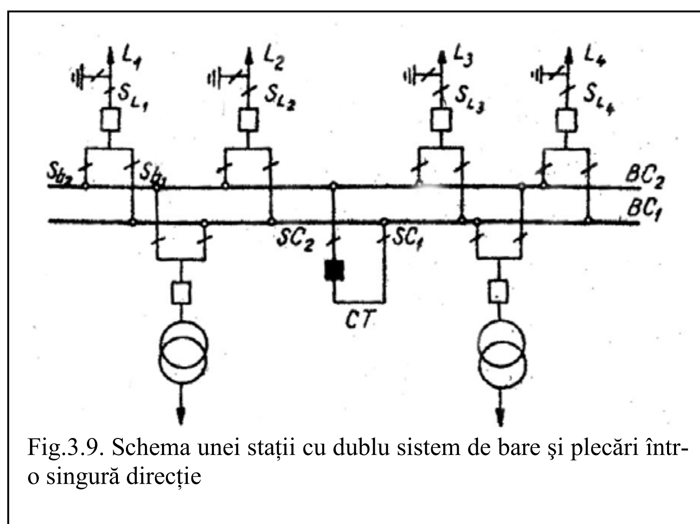


Fig.3.9. Schema unei staţii cu dublu sistem de bare şi plecări într-o singură direcţie

Există două variante ale schemei cu bare duble, funcţie de amplasarea pe teren. În prima variantă, fig.3.9, staţia realizată ocupă mai mult teren, iar prin extindere staţia îşi măreşte repede dimensiunea paralelă cu BC.

În varianta din fig.3.10, terenul este mai bine ocupat, cu condiția să existe plecări în ambele direcții. Stația este compactă.

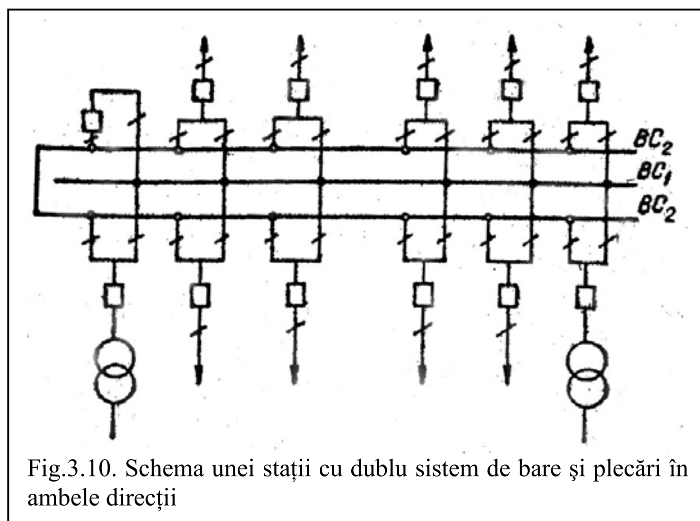


Fig.3.10. Schema unei stații cu dublu sistem de bare şi plecări în ambele direcții

Stația oferă două posibilități de funcționare în regim normal:

1) Toate circuitele se racordează la un singur sistem de bare (sistemul de bare de lucru) al doilea sistem fiind liber, în rezervă caldă, menținut sub tensiune prin intermediul circuitului de cuplă transversală CT.
2) Instalația funcționează, de regulă, cu consumatorii şi sursele repartizate pe cele două sisteme de bare colectoare cu cupla transversală închisă sau deschisă.

Rolurile cuplei transversale pot fi prezentate sub o formă condensată astfel:

- permite trecerea circuitelor de pe un sistem de bare colectoare pe altul fără întreruperea circuitului respectiv;
- serveşte pentru controlul integrității sistemelor de bare colectoare după revizia acestora;
- se poate substitui oricărui întreruptor din instalație care este defect sau urmează a fi scos în revizie.

a) *Trecerea unui circuit de pe o bară pe alta* se face conform exemplificării de mai jos pentru cazul liniei L1 racordate la bara colectoare BC1 din fig.3.9.

Manevra de schimbare a barei colectoare cu menținerea funcționării continue implică trei etape şi anume:

1) închiderea cuplei şi deci punerea în paralel a celor două sisteme de bare cu controlul prealabil al sincronismului;
2) comutarea separatoarelor de bară;
3) revenirea la funcționarea cu cuplă deschisă.

Pentru a evita manevrarea separatoarelor sub curent numai pe timpul scurt al etapei a doua, se deconectează protecția cuplei transversale.

Experiența exploatării stațiilor cu scheme de conexiuni mai dezvoltate a relevat oportunitatea introducerii unor blocaje pentru a evita manevrarea greşită a separatoarelor.

b) *Controlul integrității barelor colectoare* se face de regulă la terminarea reviziei. Orice scurtcircuit pe această bară duce la deconectarea instantanee a întreruptorului cuplei (acționat de protecția sa prin relee au fost expres reglate să funcționeze fără reținere de timp), indicând că revizia trebuie reluată şi remediate eventualele defecțiuni. În cazul în care cupla nu declanşează înseamnă că este asigurată integritatea barei colectoare şi se poate conta pe ea pentru manevre.

c) *Înlocuirea unui întreruptor defect* sau care urmează a fi scos în revizie poate fi făcută cu ajutorul circuitului de cuplă transversală prin două întreruperi în funcționare, relativ de scurtă durată, în care caz celula în cauză se racordează singură la un sistem de bare.

Fie schema simplă din fig.3.11. Se presupune că s-a defectat întreruptorul I1 al liniei L1, prin el trece sarcina liniei dar el nu mai poate realiza operația de întrerupere a circuitului. Pentru repararea şi înlocuirea sa cu întreruptorul cuplei pe perioada reparației, se procedează astfel: se degajează complet un sistem de bare S2, cu excepția circuitului în cauză. Cupla transversală rămânând închisă rezultă că s-a înseriat cu circuitul cu întreruptor defect, manevra fiind făcută cu menținerea continuității în alimentare. Toate funcțiunile întreruptorului defect au fost preluate de întreruptorul de cuplă. Se poate deschide circuitul sau se poate funcționa aşa până ce dispecerul aprobă scoaterea în reparație a întreruptorului defect.

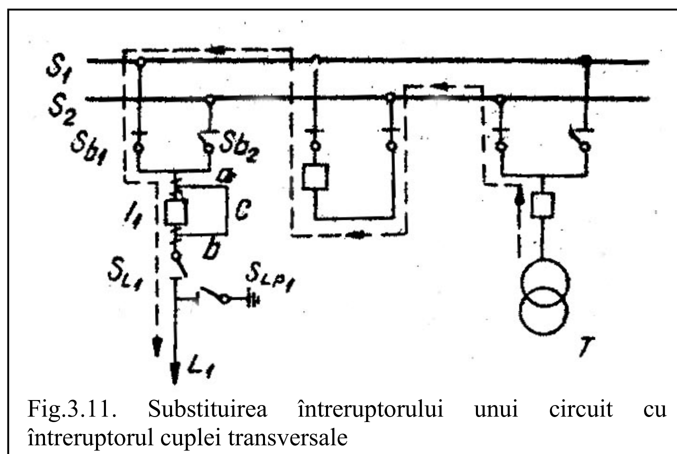


Fig.3.11. Substituirea întreruptorului unui circuit cu întreruptorul cuplei transversale

Pentru scoaterea în reparație, se deschide cupla şi se separă întreruptorul defect prin desfacerea legăturilor c şi refacerea legăturilor a şi b. Se reia funcționarea normală a stației.

3.2.3.5. Scheme cu bare colectoare duble şi bară de ocolire (transfer)

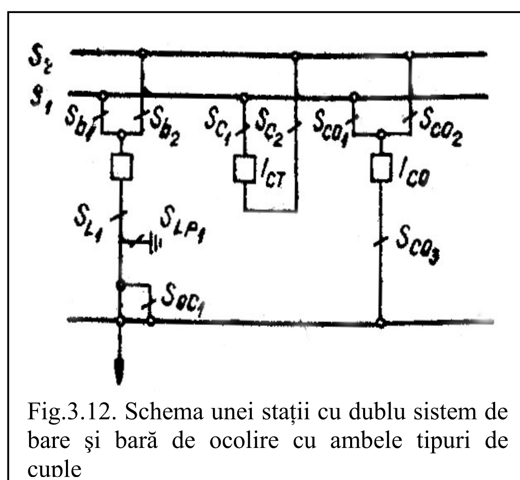


Fig.3.12. Schema unei stații cu dublu sistem de bare şi bară de ocolire cu ambele tipuri de cuple

Introducerea barei de ocolire (transfer) nu se justifică decât pentru stații importante care vehiculează mari cantități de energie pe mai multe linii.

Presupunând că se doreşte scoaterea în revizie a întreruptorului I1 al circuitului de linie racordat de exemplu la sistemul de bare S1, se creează o a oua cale de alimentare în paralel a circuitului respectiv prin cupla de ocolire, fig.3.12.

Întreruptorul cuplei este echipat cu aceeaşi protecție ca şi întreruptorul liniei pe care l-a ocolit.

Schema de comutație, aşa cum este prezentată în fig.3.12, cu ambele tipuri de cuple, se referă în general la stații întinse, cu multe circuite. Pentru stații cu mai puține circuite, există scheme mai simple şi mai ieftine care pot îndeplini, pe rând, cu un singur întreruptor, rolurile ambelor cuple, transversală şi de ocolire.

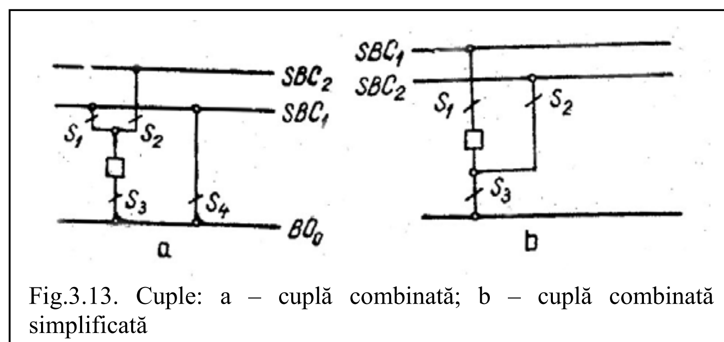


Fig.3.13. Cuple: a – cuplă combinată; b – cuplă combinată simplificată

a) *Cupla combinată* poate realiza atât configurația

de cuplă transversală (S2, S3, S4 şi I închise, S1 deschis), cât şi de cuplă de ocolire (S4 deschis). Dezavantajul constă în imposibilitatea folosirii simultane a celor două cuple, fig.3.13.a.

b) *Cupla combinată simplificată* economiseşte un separator faţă de cupla combinată (fig.3.13.b), cumulând însă dezavantajul de a nu ocoli decât circuitele racordate la unul din sistemele de bare (SBC1 în cazul figurii). Ocolirea şi a circuitelor racordate la SBC2 implică trecerea lor prealabilă pe SBC1 folosind la cuplă mai întâi configuraţie transversală şi apoi cea de ocolire.

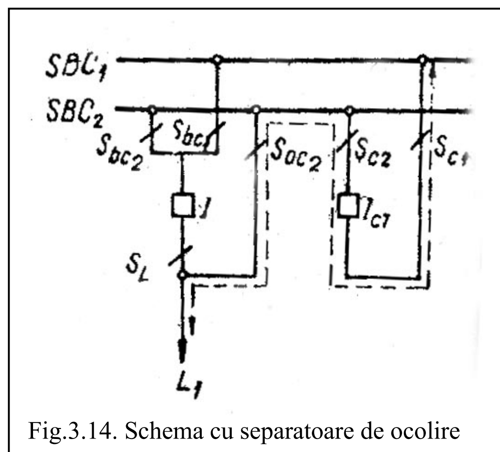


Fig.3.14. Schema cu separatoare de ocolire

c) *Schema cu separatoare de ocolire* reţine doar cupla transversală, ocolirea având loc cu ajutorul acesteia şi al unui separator de ocolire. Este suprimată bara de ocolire propriu-zisă, locul acesteia luându-l chiar o bară colectoare (SBC2 în cazul fig.3.14). O asemenea schemă este deosebit de economică. Schema prezintă însă dezavantajul că poate folosi cupla doar pentru o singură operaţie; pe timpul înlocuirii unui întreruptor cupla se blochează împreună cu sistemul 2 de bare, care devine bară de ocolire. Celelalte (n-1) circuite sunt trecute în prealabil pe sistemul de bare SBC1, unde un singur defect scoate din funcţiune toată staţia.

3.2.3.6. Secţionarea longitudinală a barelor colectoare duble

Se recurge la secţionarea longitudinală a ambelor sau numai a unuia dintre cele două sisteme de bare din aceleaşi motive ca în cazul schemelor cu un sistem de bare colectoare.

De obicei se secţionează numai un sistem (denumit bară de lucru) în două sau trei secţii longitudinale, celălalt sistem (denumit bară de rezervă) rămânând nesecţionat.

Cu ocazia avarierii unei secţii longitudinale, funcţionarea este preluată de bara de rezervă prin intermediul circuitelor de cuplă, fig.3.15.a, b.

Uneori se secţionează ambele bare colectoare prin câte două separatoare înseriate sau prin celule cu întreruptor, fig.3.15.c.

În anumite situaţii, în scopul realizării unor economii de investiţii prin reducerea numărului de celule de cuplă, se folosesc cuple combinate longo-transversale, fig.3.16.

Realizarea fizică implică însă soluţii constructive mai complicate, necesitând spaţiu relativ mare sau încrucişări de conductoare care sporesc posibilitatea de apariţie a avariilor, cu urmări grave în special pentru cazul celulelor de cuplă.

Întrucât cuplele combinate îndeplinesc mai multe funcţiuni, în timpul exploatării pot apare situaţii în care cupla rămâne blocată într-o anumită poziţie şi deci devine indisponibilă pentru cea de a doua poziţie.

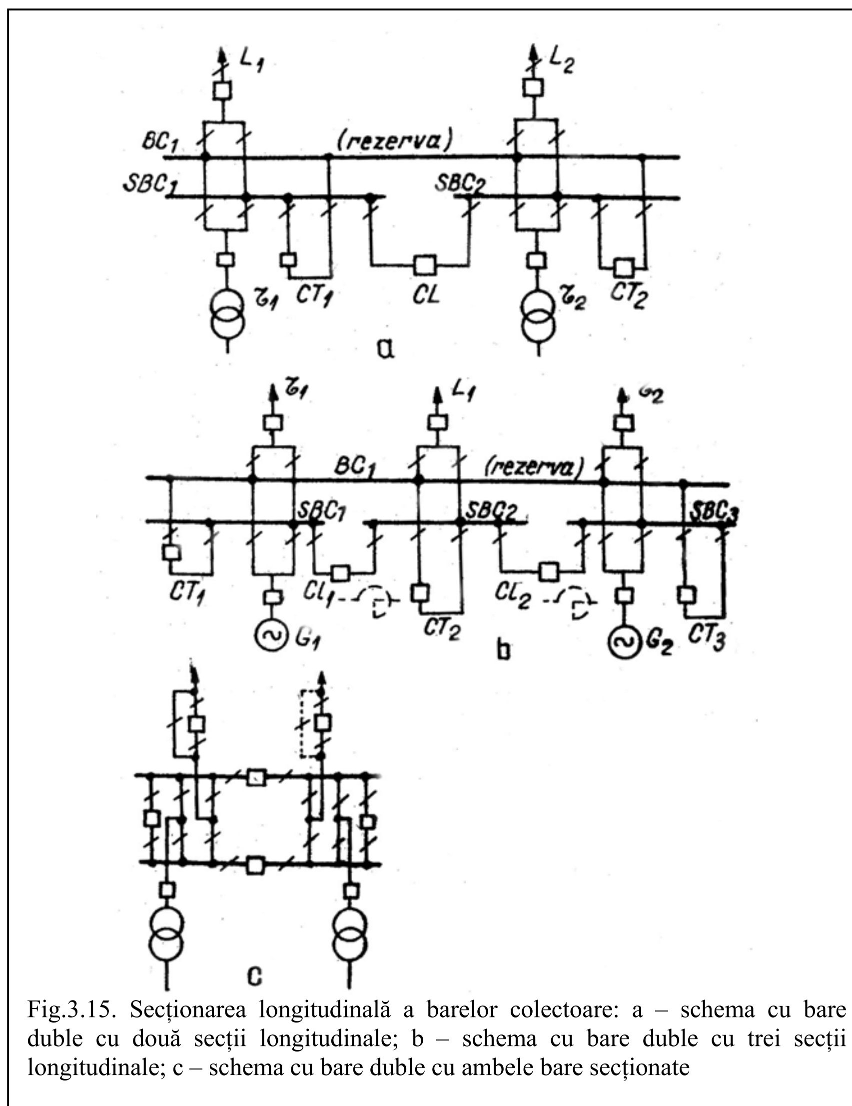


Fig.3.15. Secționarea longitudinală a barelor colectoare: a – schema cu bare duble cu două secții longitudinale; b – schema cu bare duble cu trei secții longitudinale; c – schema cu bare duble cu ambele bare secționate

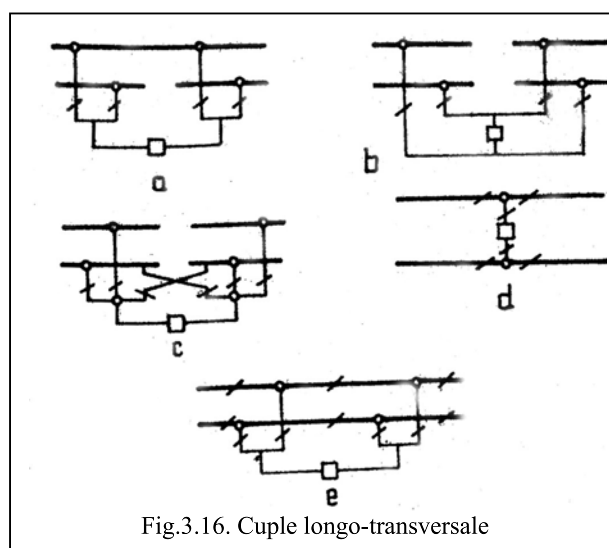


Fig.3.16. Cuple longo-transversale

3.2.3.7. Scheme cu bare duble şi două întreruptoare pe circuit

Realizează o siguranță mai mare în funcționare. Cu cele două întreruptoare fiecare circuit îşi continuă funcționarea neîntreruptă cu ocazia reviziei unui întreruptor. Dacă totuşi apare un defect chiar într-unul din întreruptoare, după izolarea acestuia prin separatoarele aferente, circuitul respectiv îşi reia funcționarea prin celălalt întreruptor, fig.3.17. Schema face economie de un circuit de cuplă, în fond oricare din celulele racordate prin două întreruptoare putând realiza performanțele cuplei.

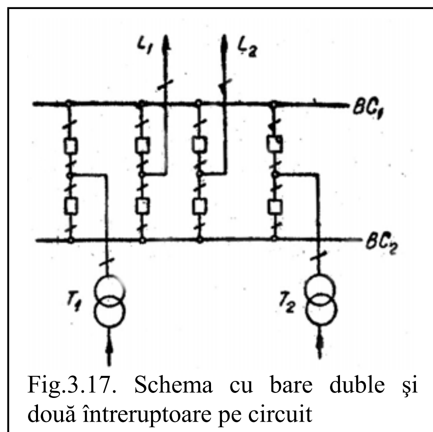


Fig.3.17. Schema cu bare duble şi două întreruptoare pe circuit

În funcționarea normală, ambele sisteme de bare sunt sub tensiune şi toate întreruptoarele sunt conectate.

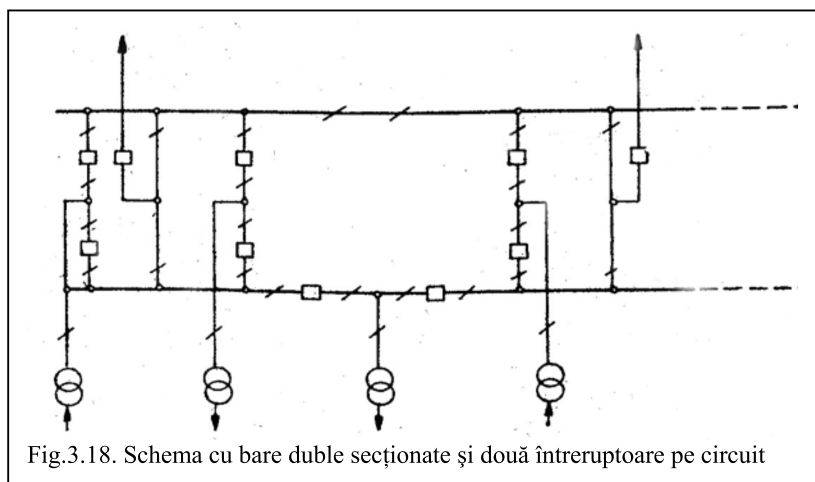
Se observă că, în caz de scurtcircuit pe una din bare, funcționarea ne este întreruptă – declanşează toate întreruptoarele racordate la bara respectivă, toate circuitele rămânând în continuare în funcțiune.

În cazul unui defect pe un circuit declanşează ambele întreruptoare aferente.

Toate manevrele de comutare se execută numai cu întreruptoare, separatoarele servind numai pentru scoateri în revizie, fapt care contribuie la creşterea siguranței în funcționare.

Deoarece schema dublează practic echipamentul şi prin natura sa mai complicată este supusă erorilor de manevră, prezintă şi un important efect contrar celui scontat (de creştere a siguranței). Din aceste motive, schema nu s-a extins prea mult la noi în țară.

În sfârşit, cele două întreruptoare aferente unui singur circuit pot cumula şi funcția de secționare a barelor, ca în fig.3.18. Se observă, de asemenea, că nu la toate circuitele revin două întreruptoare, în felul acesta se reduce selectiv investiția fără a diminua siguranța în funcționare a circuitelor considerate importante (de exemplu de transformator).


Fig.3.18. Schema cu bare duble secționate şi două întreruptoare pe circuit

S-au încercat variante intermediare între schemele cu 1 şi cu 2 întreruptoare pe circuit, cu scopul de a reduce investiția.

3.2.3.8. Scheme cu bare duble şi un număr fracționar de întreruptoare pe circuit

Schema cu 3/2 întreruptoare pe circuit, cunoscută şi sub denumirea de schemă cu 1 ½ întreruptoare pe circuit, cumulează practic principalele avantaje ale schemei cu două întreruptoare pe circuit. Totuşi, spre deosebire de schema precedentă, dacă se face revizia întreruptorului 1 de exemplu (transformatorul T1 alimentat de la BC1 prin întreruptoarele 2 şi

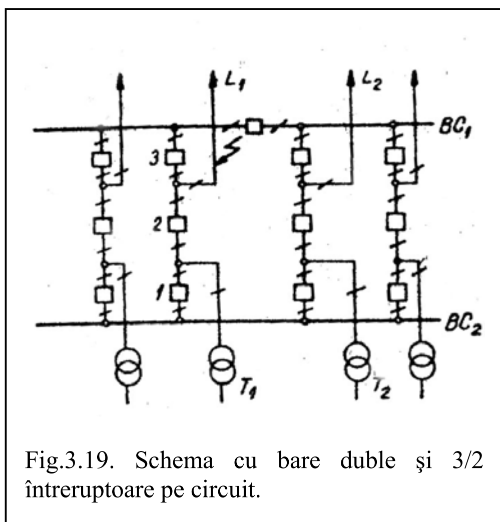


Fig.3.19. Schema cu bare duble şi 3/2 întreruptoare pe circuit.

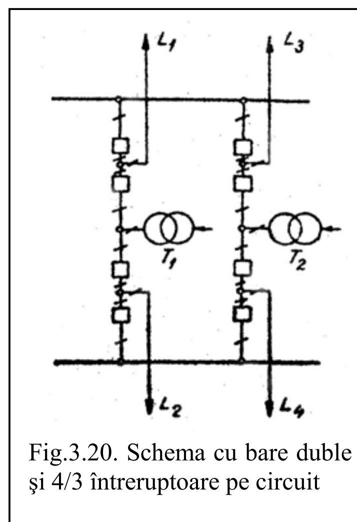


Fig.3.20. Schema cu bare duble şi 4/3 întreruptoare pe circuit

3), la un scurtcircuit pe circuitul de pe aceeaşi ramură al liniei L1 declanşează ambele întreruptoare 2 şi 3, iar transformatorul T1 este întrerupt (pentru scurt timp însă), fig.3.19.

De asemenea, cu ocazia unui defect pe un circuit, deconectează două întreruptoare pentru a-l izola (uzura sporită).

Cu alte cuvinte, schema cu 1 ½ întreruptoare pe circuit reproduce la scara unei investiții mai reduse principalele avantaje şi dezavantaje ale schemei cu 2 întreruptoare pe circuit.

Schema cu 4/3 întreruptoare pe circuit din fig.3.20 realizează o investiție mai apropiată de cazul schemei cu un întreruptor pe circuit pe de o parte, dar pe de altă parte prezintă un risc şi mai mare al erorilor de manevră. De asemenea, necesită o dispoziție constructivă mai dificil de realizat. Aceasta explică de ce schema cu 4/3 întreruptoare s-a folosit mai rar decât schema cu 3/2 întreruptoare pe circuit.

Schema transformator-bară este tot o schemă cu bare colectoare duble, situată între schema cu un întreruptor şi două întreruptoare pe circuit din punctul de vedere al investițiilor, la care însă fiecare transformator are acces doar la o singură bară colectoare prin separatorul de bare aferent, fig.3.21. În funcționare normală, ambele întreruptoare sunt închise, ambele bare fiind sub tensiune. În timp ce numărul liniilor este variabil, se poate observa că numărul transformatoarelor racordate direct la bară prin separator este fix şi egal cu doi.

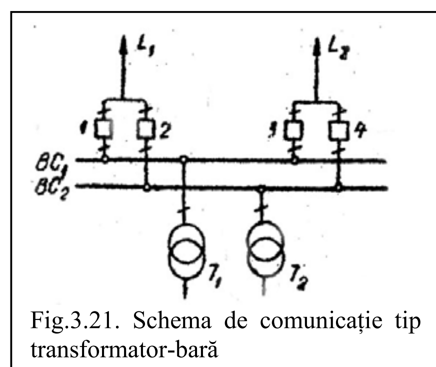


Fig.3.21. Schema de comunicație tip transformator-bară

Schema este interesantă pentru cazul a două circuite de transformator şi un număr redus de linii electrice de înaltă tensiune.

3.2.3.9. Scheme cu sistem triplu de bare colectoare

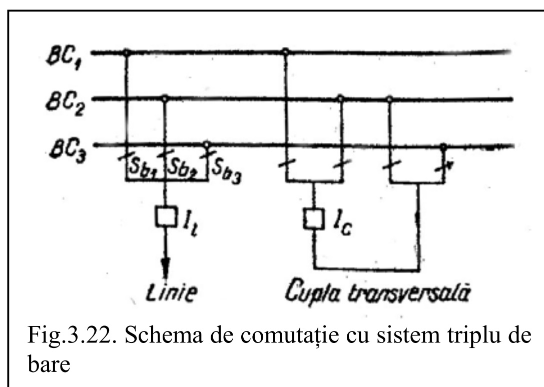


Fig.3.22. Schema de comutație cu sistem triplu de bare

Sunt scheme mai complexe la care fiecare celulă se racordează prin trei separatoare de bare (fig.3.22). Evident un al treilea sistem de bare reprezintă un nod electric suplimentar, cu toate avantajele ce decurg de aici, în special cu ocazia reviziei când stația funcționează ca şi cum ar fi echipată cu sistem dublu de bare. În acelaşi timp însă, al treilea sistem de bare poate fi sediul unor defecte suplimentare, necesită un spațiu fizic mai mare pentru realizarea câmpului de bare şi evident manevrele sunt mai complicate din cauza numărului de separatoare de bare, sensibil majorat. Ținând seama de dezavantajele enumerate, schema nu s-a bucurat de o răspândire prea mare.

3.2.3.10. Scheme în punte (fără bare colectoare)

Se folosesc acolo unde există o configurație cunoscută a stației. Pentru care nu se prevăd, în general, extinderi viitoare. Schema a căpătat o largă extindere în cazul stațiilor electrice de ÎT şi FÎT în cazul particular a două blocuri transformator-linie (4 circuite), fig.3.23.

Schemele în punte, denumite şi scheme în H, realizează o investiție sensibil mai redusă față de schema obişnuită cu un întreruptor pe circuit; în acest sens, schema mai este cunoscută şi sub numele de schema cu ¾ întreruptoare pe circuit.

Ele derivă din schemele bloc, față de care au prevăzută în plus legătura transversală (puntea).

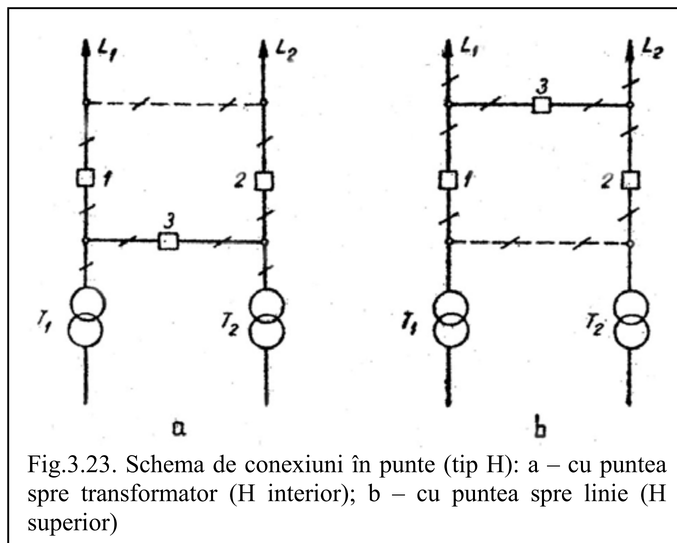


Fig.3.23. Schema de conexiuni în punte (tip H): a – cu puntea spre transformator (H interior); b – cu puntea spre linie (H superior)

La producerea unui defect pe una din linii, deconectează întreruptorul ramurii respective (fig.3.23.a) sau acesta şi cel al punții (fig.3.23.b). Din acest motiv, este indicată folosirea schemelor cu punte spre transformator în cazul stațiilor cu linii lungi cu probabilitate sporită de defectare, sau al liniilor electrice mai scurte de medie tensiune realizate cu o siguranță mecanică mai mică, sau al centralelor hidroelectrice îndepărtate. Deconectarea unei linii angajează funcționarea în suprasarcină a celeilalte, cu ambele transformatoare în funcțiune.

Schemele cu punte spre linie sunt indicate pentru stațiile de transformare unde există manevre dese pe partea transformatoarelor, sau acolo unde probabilitatea defectelor pe linie este redusă. Schemele H superior, cum se mai numesc cele cu punte spre linii, se mai recomandă în cazul în care se face un tranzit de energie important între cele două linii. Se doreşte ca acest tranzit de energie să aibă loc printr-un singur întreruptor (b) nu prin trei (a).

3.2.3.11. Scheme poligonale

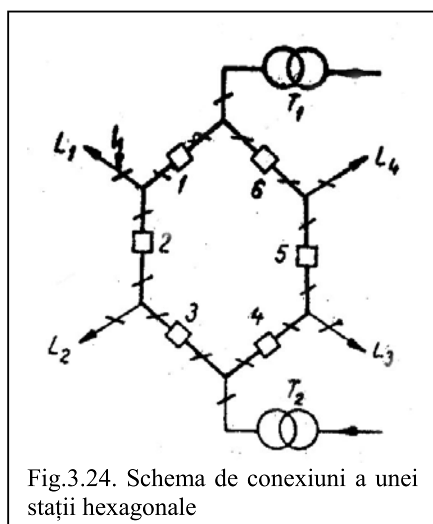


Fig.3.24. Schema de conexiuni a unei stații hexagonale

Cunoscute şi sub numele de scheme în inel, realizează – fără bare colectoare propriu-zise – o bună parte din avantajele schemelor cu două întreruptoare pe circuit, deşi sunt realizate fizic doar cu un întreruptor pe circuit. Sunt denumite şi scheme în pătrat, hexagon, decagon, etc. După cum numărul întreruptoarelor este 4, 6, 10, etc.

De fapt, barele colectoare sunt dispuse în inel şi secționate cu ajutorul întreruptoarelor după numărul de circuite; la plecările din inel nu se pun întreruptoare, ci doar separatoare. Fiecare întreruptor deserveşte două circuite, de exemplu întreruptorul 1 deserveşte circuitele T1 şi L1 (fig.3.24).

Ca şi la schemele cu bare duble şi două întreruptoare pe circuit, şi schemele în inel permit revizia întreruptoarelor fără întreruperea alimentării; protecția prin relee a unui circuit deconectează ambele întreruptoare adiacente cu ocazia apariției unui defect. În plus, aici ruperea inelului duce la modificarea sensibilă a circulației de curenți, supraîncărcând unele laturi.

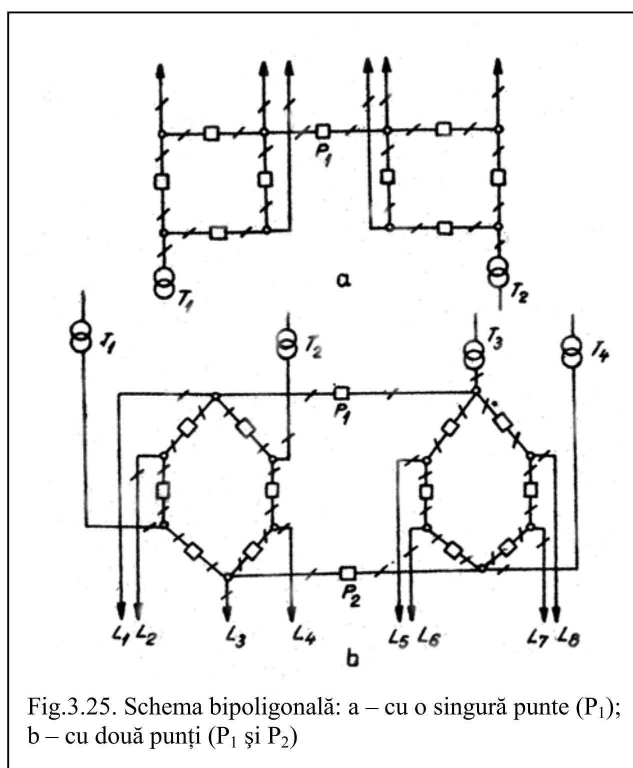


Fig.3.25. Schema bipoligonală: a – cu o singură punte (P_1); b – cu două punți (P_1 şi P_2)

Fie un scurtcircuit pe linia L1, izolat prin declanşarea întreruptoarelor 1 şi 2. Se deschide imediat separatorul de linie, după care prin închiderea întreruptoarelor se reface inelul. Dacă între timp întreruptorul 6 al transformatorului T1 era în revizie, cu ocazia unu scurtcircuit pe linia L1, transformatorul T1 suferă o scurtă întrerupere în alimentare. Presupunem mai departe că în locul liniei L1 ar fi fost racordat transformatorul T2 şi că acest transformator ar fi fost sediul unui defect în timpul reviziei întreruptorului 6. Rezultatul ar fi fost că stația rămânea fără alimentare,

presupunând transformatoarele T1 şi T2 ca surse de injecţie de energie. Se desprinde deci regula de a dispune circuitele de alimentare pe diagonală.

În funcţionare normală inelul este închis.

Schemele bipoligonale rezultă prin dezvoltarea schemelor poligonale. Două poligoane sunt legate între ele printr-o singură punte, de obicei când numărul laturilor este mai mic, fig.3.25.a; pentru un număr mai mare de laturi sunt create două punţi, fig.3.25.b.

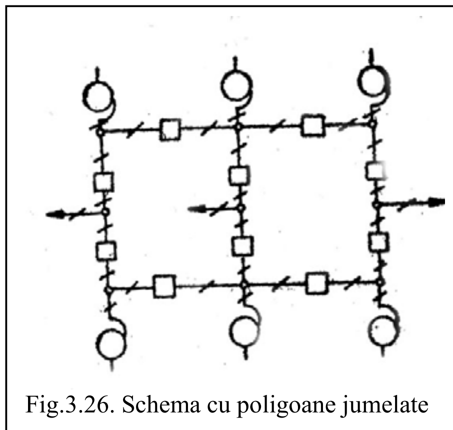


Fig.3.26. Schema cu poligoane jumelate

Se observă că schemele bipoligonale rezolvă una din principalele dificultăţi ale schemelor poligonale clasice, şi anume dificultăţile de extindere.

Scheme cu poligoane jumelate rezultă din aplicarea a două sau mai multe poligoane formând o buclă multiplă, mai uşor extensibilă. Se dă de exemplu în fig.3.26 schema unei staţii cu poligoane jumelate. Datorită avantajelor remarcabile, schemele poligonale au căpătat o extindere apreciabilă la tensiuni înalte şi foarte înalte, unde costul întreruptoarelor este ridicat şi se cere o siguranţă şi elasticitate în funcţionare deosebită.

3.2.3.12. Scheme pentru staţii de racord adânc

O soluţie economică pentru alimentarea consumatorilor importanţi industriali sau urbani este staţia de racord adânc (SRA). Se alimentează din barele staţiilor de 110-220 kV de conexiuni sau transformare ale sistemului energetic şi sunt dimensionate în ideea rezervării 100% atât a racordurilor cât şi a unităţilor trafo.

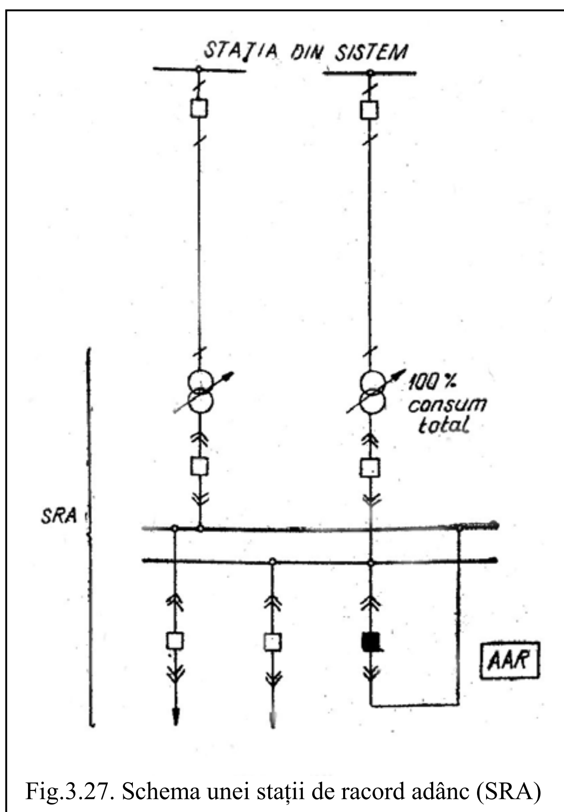


Fig.3.27. Schema unei staţii de racord adânc (SRA)

Transformatoarele de forţă amplasate aproximativ în centrul de greutate electric al consumatorului (de unde şi denumirea de racord adânc) se leagă tip bloc cu racordul din sistem, fără bare colectoare pe partea de ÎT şi fără alte legături între căile de alimentare, fig.3.27. În cazul ieşirii din funcţiune a unuia dintre racorduri, secţia de bare respectivă de medie tensiune cu consumatorii săi se cuplează automat prin AAR pe secţia cu racordul în funcţiune, dimensionat să preia şi această sarcină suplimentară.

SRA de obicei se realizează fără personal de exploatare permanent. Comenzile de regim (conectare, deconectare, supravegherea funcţionării SRA) se efectuează de la staţia principală din sistemul energetic, printr-un fir pilot sau prin canale de înaltă frecvenţă. Tot prin firul pilot se

transmit semnale preventive referitoare la funcționarea transformatoarelor coborâtoare (semnale gaze, supratemperaturi), ale protecției întreruptoarelor, etc.

În caz de avarie în transformator sau în partea de ÎT a SRA, se transmit impulsuri de declanşare către stația principală din sistem tot prin fir pilot. Se poate renunța la firul pilot, mai ales când SRA este la mare distanță, 100-200 km, prin agravarea voită a defectului din SRA, de către un separator de scurtcircuitare S_{SC}, montat în locul celui de linie, din schema bloc linie-transformator coborâtor.

4. CONDUCTOARE ŞI IZOLATOARE

În staţiile şi posturile de transformare se folosesc obişnuit conductoare (bare) neizolate rigide sau conductoare neizolate flexibile.

4.1. Conductoare (bare) neizolate rigide

Conductoarele (barele) neizolate rigide sunt realizate , de obicei, din aluminiu sau aliaje de aluminiu şi au secţiune dreptunghiulară, rotundă, tubulară sau alte profiluri, fig.4.1.

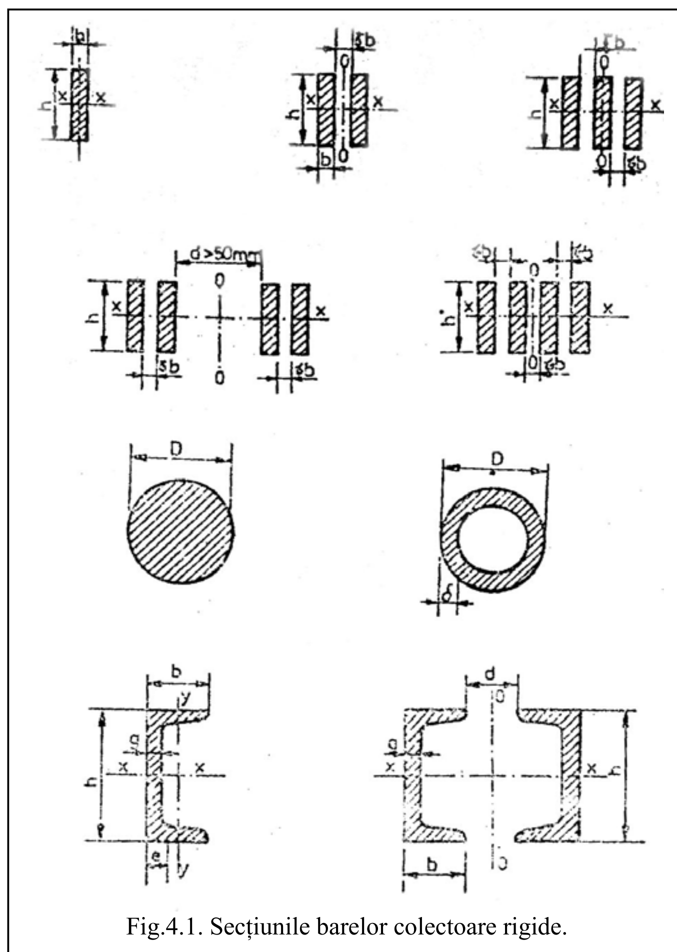


Fig.4.1. Secţiunile barelor colectoare rigide.

Aluminiul are caracteristici electrice şi mecanice inferioare cuprului însă este mai ieftin şi are o căldură specifică mare, sub acţiunea arcului electric se degajă cantităţi mici de fum (oxid de aluminiu) care nu este bun conducător de electricitate.

Cuprul are rezistivitate electrică mică şi rezistenţă mecanică mare, dar este scump şi se foloseşte numai în mod excepţional. Se pot folosi totuşi conductoare (bare) de cupru la instalaţiile cu curenţi de scurtcircuit foarte mari, pentru care barele de aluminiu în fabricaţie nu permit obţinerea rezistenţelor mecanice necesare, în cazul când din motive constructive trebuie căi de curent cu secţiuni mai mici decât ale celor din aluminiu pentru acelaşi curent nominal, dacă trebuie îmbinări prin contact pentru curenţi mai mari decât pot suporta barele de aluminiu, când căile de curent sunt supuse unor vibraţii mecanice importante la care nu ar rezista barele de aluminiu, sau când atmosfera este poluată şi are acţiune corozivă asupra barelor de aluminiu (în apropierea industriilor chimice, pe malul mării etc.).

Conductoarele (barele) rigide au obişnuit o temperatură maximă de regim de 70 ^{0}C.

Conductoarele (barele) pot suporta curenţi cu atât mai mici cu cât este mai mare temperatura mediului ambiant. La instalaţii electrice exterioare trebuie cunoscută temperatura maximă a mediei de 24 ore şi temperatura maximă absolută a aerului care apare cel puţin odată la 10-15 ani şi se ia din datele climatice statistice ale regiunii în care se amplasează instalaţia: dacă aceste date climatice nu sunt cunoscute, pentru România se pot lua ca valoare

maximă de scurtă durată temperatura de 40 ^{0}C, iar pentru valoarea maximă a mediei pe 24 ore temperatura de 35 ^{0}C. Pentru instalaţiile electrice interioare se adoptă aceleaşi temperaturi (40 ^{0}C respectiv 35 ^{0}C). Curentul maxim de durată (I_{md}) al conductorului (barei) trebuie să fie mic sau cel mult egal faţă de curentul de durată admisibil (I_{da}) al conductorului (barei) la temperatura maximă a aerului înconjurător.

$$I_{md} \le I_{da} \qquad (4.1)$$

Curenţii de durată admisibili, (I_{da}) ai conductoarelor (barelor) sunt indicaţi în tabele şi depind de dimensiunile barelor, secţiune, numărul de bare pe fază, poziţie (verticale sau orizontale) dacă sunt vopsite sau nu, dacă au traseul orizontal, dacă sunt străbătute de curent continuu sau alternativ, de material (cupru sau aluminiu), de temperatura maximă a aerului ambiant (35 ^{0}C) şi temperatura maximă admisă a barei (65 ^{0}C), de distanţa între bare de pe aceeaşi fază, de distanţa liberă între pachetele de bare, de forma secţiunii barelor, altitudine (până la 1000m) etc. Pentru ca barele (conductoarele) să nu se încălzească reciproc trebuie ca $a/l > 2$, unde a este distanţa între axele pachetelor de bare, iar l – lăţimea unui pachet de bare.

Distanţa între barele componente a unui pachet de bare (2-3) se ia egală cu grosimea unei bare. În cazul instalaţiilor capsulate curenţii admisibili sunt mai mici decât cei din tabele datorită lipsei ventilaţiei şi sunt daţi de constructorul instalaţiei capsulate.

Curenţii maxim admisibili (I_{da}) ai conductoarelor (barelor) sunt daţi în tabele funcţie de o serie de condiţii ce au fost menţionate anterior şi care sunt pe larg precizate în literatura de specialitate.

Temperatura maximă admisibilă a unei bare de aluminiu la sfârşitul scurcircuitului este de $\theta_{sc} = 180$ ^{0}C iar a unei bare de cupru de $\theta_{sc} = 200$ ^{0}C.

Conductorul (bara) îndeplineşte condiţia de stabilitate termică dacă:

$$S \ge \frac{I_m}{j_t} \qquad (4.6)$$

unde: I_m este curentul echivalent termic de o secundă al curentului de scurcircuit (curentul care dacă ar străbate bara timp de o secundă ar produce acelaşi efect termic ca şi curentul real de scurtcircuit în timpul real al scurcircuitului); j_t – densitatea de curent admisibă la scurtcircuit. Determinarea lui I_m şi j_t se face conform instrucţiunilor. Curentul echivalent termic de o secundă (I_m) se determină cu relaţia (5.7):

$$I_m = I_k'' \cdot \sqrt{(m+n)t} \qquad (4.7)$$

unde: I_k'' - valoarea efectivă iniţială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit; m, n – coeficienţi ce ţin seama de componenta aperiodică respectiv periodică a curentului de scurtcircuit, t – durata scurtcircuitului.

Verificarea la eforturi electrodinamice se face pe baza curentului maxim de scurtcircuit trifazat.

Forţa exercitată de vânt asupra unei deschideri (F_v) se consideră orizontală şi se calculează cu relaţia:

$$F_v = C_v \cdot d \cdot L \frac{V^2}{163} \qquad (4.21)$$

unde: C_v este coeficient aerodinamic (tabelul 4.15); d – lăţimea proiecţiei suprafeţei conductorului (cu sau fără chiciură) pe un plan vertical, paralel cu axa longitudinală a conductorului; L – lungimea deschiderii între două puncte de sprijin vecine; v – viteza vântului (maximă sau în condiţii de chiciură).

Rezistenţa în conductor datorită greutăţii proprii respectiv greutăţii proprii plus a chiciurei este:

$$\sigma_g = 1{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \cdot \frac{G \cdot L}{W} \qquad (4.22)$$

unde: G este greutatea totală a pachetului respectiv a pachetului acoperit cu chiciură pe lungimea deschiderii; L, W – cu semnificaţiile anterioare.

Se adaugă sarcinile concentrate (de ex. legăturile la aparate).

Rezistenţa în conductor datorită vântului (σ_v) este:

$$\sigma_V = 1{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \frac{F_V \cdot L}{W} \tag{4.23}$$

Rezistenţa rezultă în bară este:

$$\sigma_{rez} = \sigma_{din} + \sigma_{stat} \tag{4.24}$$

unde σ_{stat} este suma rezistenţelor în conductor datorite greutăţii proprii, chiciurei şi vântului.

4.2. Conductoare neizolate flexibile

Conductoarele neizolate flexibile sunt obişnuit realizate din funie de oţel, aluminiu şi mai rar din aluminiu sau aliaje de aluminiu; se mai utilizează conductoare funie din oţel, protejate prin zincare la cald sau alt procedeu împotriva coroziunii, pentru conductoarele de protecţie. Dacă atmosfera are acţiune corozivă (pe malul mării, în apropierea industriilor chimice, metalurgice, siderurgice, etc.) se folosesc materiale ce nu sunt atacate de agenţii respectivi; această măsură nu este necesară dacă se respectă distanţa minimă de protecţie faţă de sursa de contaminare a atmosferei dată de normative (5 km faţă de malul mării sau al lacurilor saline etc.).

Obişnuit temperatura maximă de regim a conductoarelor flexibile este de +70 ^{0}C. Pe baza datelor climatice statistice ale regiunii de amplasare a staţiei se determină temperatura maximă a aerului exterior, considerând temperatura maximă absolută ce apare cel puţin odată la 10 ani (pentru $U_{n\leq}$ 110kV) respectiv la 15 ani (pentru U>110kV); dacă lipsesc datele climaterice statistice pentru România se ia +40 ^{0}C pentru altitudini sub 700m şi +30 ^{0}C pentru altitudini peste 700m.

Secţiunea conductorului se alege ca şi la bare rigide, astfel încât curentul maxim de durată al circuitului (I_{md}) să fie mai mic, cel mult egal faţă de curentul de durată admisibil I_{da} al conductorului la temperatura maximă a aerului înconjurător:

$$I_{md} \leq I_{da} \tag{4.35}$$

Dacă curentul maxim de durată al circuitului nu apare când aerul înconjurător are temperatura maximă, se alege o secţiune mai redusă. Dacă conductoarele sunt fasciculare se consideră o repartiţie egală a curentului între conductoarele fasciculului.

Stabilitatea termică se determină pentru solicitările cele mai grele, respectiv pentru cea mai mare valoare posibilă a curentului de scurtcircuit, pentru care se calculează curentul mediu echivalent (I_m).

La sfârşitul scurtcircuitului se admite o temperatură maximă (θ_{sc}) a conductorului funie supus unei tensiuni mai mici, de 1 kgf/mm^2 de 180^{0}C - Al, 200^{0}C – Cu, 200^{0}C – OL, iar dacă tensiunea este mai mare de 1 kgf/mm^2 de 160^{0}C – OL- Al, 160^{0}C – Al_{drey}, 130^{0}C – Al, 170^{0}C – Cu, 170^{0}C – Cu, 200^{0}C – OL.

4.3. Izolatoare

Izolatoarele folosite în staţiile şi posturile electrice de transformare sunt de suspensie, suport şi de trecere. Forma izolatoarelor şi materialele folosite la realizarea lor, depinde de nivelul de izolaţie ce trebuie să-l asigure, de faptul dacă se vor monta în exterior (în aer liber) sau în interiorul unor clădiri şi de eforturile mecanice la care vor fi supuse în timpul funcţionării.

Izolatoarele de suspensie trebuie să aibă un coeficient de siguranță mecanică în raport cu sarcina medie de rupere, când instalația electrică este parcursă de curenți de scurtcircuit, de minimum 2, iar la stările I, II, III, IV de minimum 4. Se consideră că efortul de tracțiune asupra izolatoarelor de suspensie, determinat pe baza calculului mecanic al conductoarelor, este aproximativ egal cu H.

Izolatoarele suport şi cele de suspensie, trebuie să aibă un coeficient de siguranță mecanică în raport cu sarcina nominală de ținere, când instalația electrică este parcursă de curenți de scurtcircuit de minimum 1,25.

Izolatoarele nu admit în general eforturi de tracțiune şi ca urmare trebuie astfel montate în instalația electrică încât forța F_i exercitată la scurtcircuit asupra izolatorului să fie perpenticulară pe axul izolatorului sau dirijată în lungul său.

Întreprinderea producătoare a izolatoarelor, garantează pentru acestea o forță de ținere F, când F_i este perpenticulară pe axul izolatorului, în funcție de distanța forței față de capătul izolatorului (h), printr-o diagramă de forma celei din fig.4.19, unde porțiunea AB corespunde ruperii pe linia b-b' iar porțiunea BC corespunde ruperii pe linia a-a'.

La izolatoarele de trecere, curentul de sarcină maximă de durată ce trece prin izolator (I), trebuie să fie mai mic, cel mult egal cu cel nominal indicat de furnizor (I_n): $I \le I_n$.

Izolatoarele de trecere trebuie de asemenea să aibă stabilitate termică la scurtcircuit, deci curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit ($I_{t\,sc}$), să fie mai mic, cel mult egal, cu cel de stabilitate termică de 1 s (I_{lt}), garantat de producător: $I_{t\,sc} \le I_{lt}$.

BATERII DE CONDENSATOARE ŞI BOBINE DE REACTANȚĂ

1. Baterii de condensatoare

Bateriile de condensatoare (şunt), se montează obişnuit în instalațiile trifazate de medie tensiune ale stațiilor coborâtoare de 110 kV/MT în conexiune

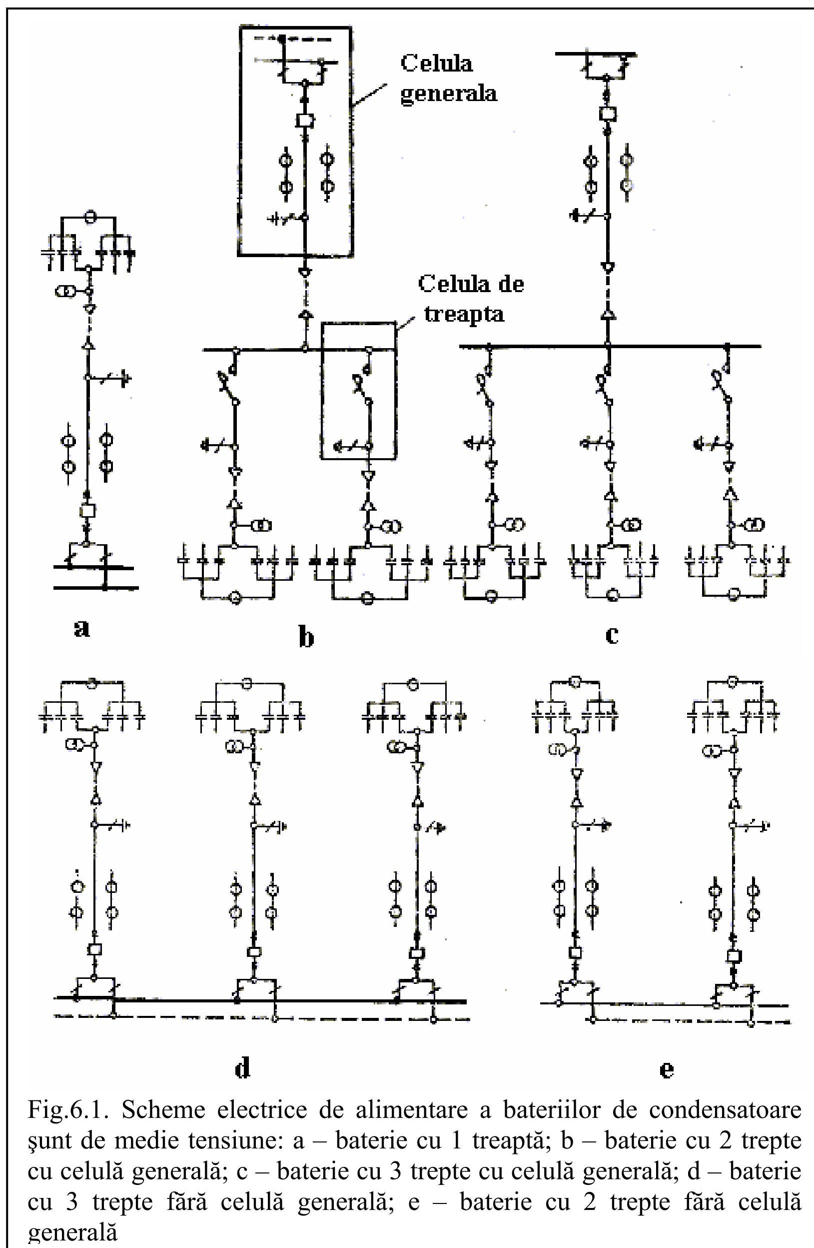


Fig.6.1. Scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare şunt de medie tensiune: a – baterie cu 1 treaptă; b – baterie cu 2 trepte cu celulă generală; c – baterie cu 3 trepte cu celulă generală; d – baterie cu 3 trepte fără celulă generală; e – baterie cu 2 trepte fără celulă generală

stea când sistemul energetic din zonă prezintă regim deformant sub 5%; pentru modificarea (reglajul) circulației de putere reactivă se folosesc una sau mai multe trepte de puteri egale ce se comută manual sau automat.

O instalație de condensatoare este un ansamblu de instalații electrice, format din bateria de condensatoare, celulele de medie tensiune de alimentare, cablurile de racordare şi dulapurile de comandă şi protecție. Bateria de condensatoare (sau baterie, treaptă) este un ansamblu de unități monofazate racordate între ele electric şi formează un sistem de conexiuni trifazate. Un condensator (sau unitate) este un ansamblu format din unul sau mai multe elemente aşezate într-o singură cuvă şi legate la bornele de ieşire. Un element de condensator (sau element) este partea invizibilă a unui condensator, formată din armături separate printr-un dielectric.

Prin nivel de izolație al unei baterii de condensatoare se înțelege o combinație a valorilor tensiunilor de încercare la frecvență industrială şi la impuls ce caracterizează aptitudinea izolației de a suporta solicitările dielectrice între bornele de ieşire ale bateriei şi părțile metalice legate la pământ. Puterea nominală a condensatorului (Q_c) este puterea reactivă la tensiunea nominală şi la frecvența nominală, pentru care a fost realizat condensatorul. O celulă generală de MT, este o celulă de condensator, racordată direct la bornele principale ale stației de distribuție şi destinată alimentării unei baterii de condensatoare cu mai multe trepte de putere. O celulă de treaptă de medie tensiune este o celulă de condensator, racordată direct la bornele principale ale stației de distribuție şi destinate alimentării unei baterii de condensatoare cu mai multe trepte.

În fig.6.1 sunt prezentate diferite scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare pentru celule generale şi de treaptă.

1.1. Schemele electrice de alimentare şi de conexiuni ale bateriilor de condensatoare

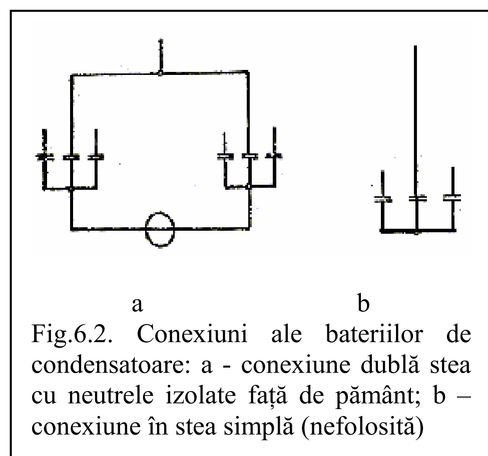


Fig.6.2. Conexiuni ale bateriilor de condensatoare: a - conexiune dublă stea cu neutrele izolate față de pământ; b – conexiune în stea simplă (nefolosită)

Bateriile de condensatoare de medie tensiune (6, 10, 20 kV) pot fi cu una, două sau maximum trei trepte, cu sau fără celulă generală şi sunt alimentate prin cablu de la celulele de condensator ale instalației de distribuție de medie tensiune, celule echipate cu diverse aparate, conform fig.6.1. Se foloseşte sau nu celulă generală funcție de spațiul disponibil în clădirea stației de distribuție de medie tensiune şi de rezultatul comparației tehnico-economice a celor două variante. Celula generală poate avea celule de treaptă echipate cu întreruptor (fig.6.1.a) sau contactor (fig.6.1.b,c).

Bateriile de condensatoare trifazate şunt de medie tensiune se amplasează obişnuit în exterior (cu excepţia cazului când zona are grad ridicat de poluare) şi conexiunea lor se face de obicei în dublă stea cu neutrele izolate faţă de pământ, cu transformator de curent pe legătura dintre neutru (ce alimentează o protecţie diferenţială împotriva defectelor interne din condensatoare), conform fig.6.2.a. Nu se realizează conexiunea în stea simplă a bateriilor de condensator (fig.6.2.b) deoarece la defecte interne în unităţi nu poate fi asigurată protecţia.

Dacă tensiunea unui condensator este inferioară tensiunii nominale a reţelei, se conectează în serie pe fază mai multe unităţi iar dacă trebuiesc puteri mai mari decât cele corespunzătoare unităţilor, acestea se conectează în paralel pe fază, conform fig.6.3.

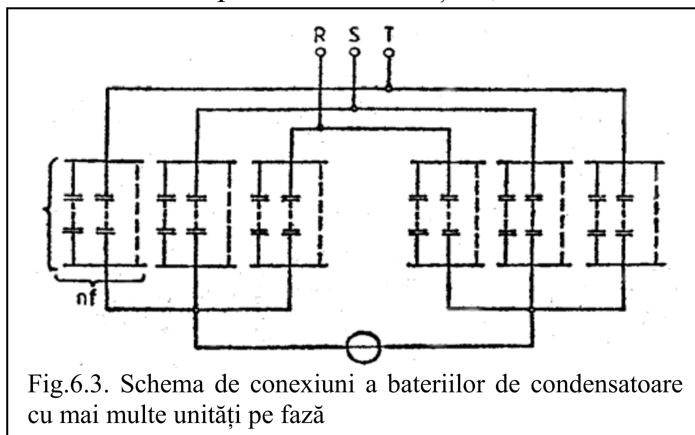


Fig.6.3. Schema de conexiuni a bateriilor de condensatoare cu mai multe unităţi pe fază

Pentru a folosi un număr redus de condensatoare se folosesc unităţi monofazate de 100 kVAR cu care se realizează obişnuit puteri până la 3 MVAR pe treaptă la 6 şi 10 kV şi până la 6 MVAR la 20 kV.

1.2. Alegerea şi dimensionarea bateriilor de condensatoare

Bateriile de condensatoare se folosesc pentru compensarea puterii reactive.

Dimensionarea bateriilor de condensatoare şunt şi amplasarea lor se face pe baza analizei structurii sistemului energetic din zonă, curbei de sarcină reactivă pe 24 ore şi a măsurătorilor armonicilor superioare, stabilindu-se dacă bateria este cu o treaptă sau cu mai multe trepte (la puteri de peste 1,2 MVAR). Dacă în locul de amplasare sunt armonici de ordinul 5 şi 7, proiectantul trebuie să prevadă viitoarea instalaţie şi cu filtre de armonici.

Conectarea, deconectarea şi descărcarea automată a bateriilor este însoţită de fenomene tranzitorii.

Conectarea bateriilor de condensatoare produce un curent de şoc. Dacă curentul de şoc este prea mare se creşte lungimea cablurilor de racord.

Şocul de tensiune ce apare la conectarea bateriilor de condensatoare şunt trebuie să fie mai mic cu 3% ca tensiunea nominală a reţelei. Dacă se depăşeşte limita admisă a şocului de tensiune bateria trebuie să funcţioneze în trepte.

Bateriile de condensatoare se conectează numai dacă sunt complet descărcate, deoarece în caz contrar pot apare suprapresiuni şi supracurenţi mari care pot să deterioreze instalaţia electrică şi chiar să perturbeze parţial sistemul energetic.

Bateriile de condensatoare se prevăd cu instalații fixe de descărcare automată care sunt astfel dimensionate încât după maximum 5 min de la deconectare să reducă tensiunea sub 50 V. Instalația de descărcare este formată din înfăşurările a două transformatoare de tensiune bifazate legate în triunghi deschis şi racordate direct la bornele bateriei de condensatoare.

Capacitățile condensatoarelor repartizate pe fază trebuie să aibă o abatere maximă de 10% dacă puterea nominală este de până la 3 MVAR şi de maximum 5% dacă puterea nominală este de peste 3 MVAR.

1.3. Instalarea bateriilor de condensatoare

Bateriile de condensatoare şi conductoarele pentru alimentarea lor trebuie să aibă un nivel de izolație corespunzător tensiunii instalației unde se montează. Dacă nivelul de izolație al unităților este mai mic ca al bateriei (unități în serie pe fază), trebuie izolate suplimentar unitățile sau stativele.

Bateriile de condensatoare se montează obişnuit în exterior, cu împrejmuire cu panouri cu plasă din sârmă a fiecărei trepte de putere (pentru a putea lucra la o treaptă când cealaltă este în funcție) şi poartă cu blocaj electromagnetic, pe stavile metalice din oțel, protejate împotriva coroziunii şi fixate în fundații de beton prin intermediul unor suporturi izolante ce realizează atât izolația fazelor cât şi cea față de pământ. Stativele se leagă la centura de punere la pământ (direct dacă stativul este neizolat sau printr-un cuțit de legare la pământ dacă stativul este izolat față de pământ).



Fig.6.5. Baterie de condensatoare într-o stație electrică exterioară

Condensatoarele trebuie descărcate (prin scurtcircuitarea bornelor cu o ştangă izolată) măsurate şi apoi sortate pentru a realiza la montaj ramuri cât mai echilibrate.

Montarea condensatoarelor se face obişnuit în poziţie verticală, pe stative în locuri fără vibraţii sau şocuri, cu legături la aparate din bare rigide de aluminiu sau conductoare flexibile de oţel-aluminiu şi legături între ele din conductoare flexibile pentru ca bornele să nu fie solicitate. Cuvele condensatoarelor se leagă galvanic cu stativele metalice în carcasele aparatelor din incintă, cutiile terminale ale cablurilor şi împrejmuirea metalică a bateriei se leagă la priza de pământ a bateriei (situată în exteriorul incintei şi legată la priza staţiei). Dacă este prevăzută de fabricant protecţia condensatoarelor de radiaţie solare, se execută un parasolar din material uşor, rezistent la foc şi intemperii. În incintă se mai montează transformatoarele de măsură şi instalaţia de descărcare automată. Pentru protecţia bateriei contra supratensiunilor atmosferice, amplasamentul bateriei trebuie să fie în zona de protecţie a staţiei.

În interior, bateriile de condensatoare se montează de asemenea pe stative metalice fixate în pardoseală. Încăperea unde se instalează condensatoarele trebuie prevăzută cu ventilaţie naturală, cu goluri de admisie şi evacuare. Dacă ventilaţia naturală nu este satisfăcătoare se realizează ventilaţie mecanică.

Bateria de condensatoare trebuie montată într-o încăpere uscată, protejată contra incendiului şi exploziilor, fără gaze agresive şi neexpusă temperaturilor ridicate. Bateria trebuie amplasată astfel încât să nu fie expusă luminii directe solare, prin ferestre. Dacă încăperea are lungimea de peste 10 m trebuie prevăzută cu uşi la ambele capete.

1.4. Întreţinerea şi exploatarea bateriilor de condensatoare

Conectarea la reţea a bateriilor de condensatoare încărcate poate produce supratensiuni şi supracurenţi şi ca urmare este admisă conectarea lor numai în stare complet descărcată iar după deconectare de avarie, conectarea este admisă numai după înlăturarea cauzelor ce au produs deconectarea.

Când urmează a se efectua lucrări la baterie, după descărcarea automată trebuie făcută şi descărcarea suplimentară de 5 s cu ştangă izolată şi scurcircuitarea bornelor condensatorului.

În timpul funcţionării trebuie efectuat zilnic controlul vizual al bateriei urmărind zgomotele, scurgerile de dielectric ca şi bombarea cuvei. Un condensator defect trebuie scurtcircuitat cu un conductor ce leagă bornele şi cuva, conductor ce se păstrează şi în timpul transportului.

Condensatoarele nu prezintă pericol de incendiu dar prezintă pericol de explozie şi ca urmare amplasarea lor lângă căile cu circulaţie frecventă trebuie evitată. Lucrările la instalaţia de condensatoare se execută cu întreruperea totală a tensiunii.

În timpul cât bateria de condensatoare nu este conectată la reţea trebuie legată la pământ (prin cuţite sau scurtcircuitoare).

2. Bobine de reactanță

În instalațiile de distribuție de medie tensiune curenții de scurtcircuit pot atinge valori foarte mari şi datorită distanței relativ reduse dintre faze solicitările electrodinamice ce apar pot fi foarte importante.

Reducerea curentului de scurtcircuit şi implicit a solicitărilor determinate de acesta, conduce la alegerea unor elemente de circuit mai puțin supradimensionate față de regimul normal de funcționare. În acest scop se folosesc aşa numitele metode practice de reducere a curenților de scurtcircuit care se bazează pe creşterea reactanței dintre sursă şi locul de defect. Creşterea reactanței conduce însă la pierderi mai mari de energie şi la căderi mai mari de tensiune în regim normal de funcționare şi ca urmare s-au căutat soluții care să conducă la o comportare diferită a elementelor de limitare în regim normal față de regimul de scurtcircuit.

Creşterea reactanței circuitului se poate obține prin alegerea de generatoare şi transformatoare cu reactanță de scurtcircuit mai mare sau introducerea unor reactanțe suplimentare ce se numesc bobine de reactanță.

Alegerea unor generatoare sau transformatoare cu reactanță de scurtcircuit mai mare, conduce însă la pierderi suplimentare de energie şi la variații de tensiune relativ mari şi ca urmare această soluție este foarte puțin folosită.

Montarea bobinelor de reactanță în diferite puncte ale schemei electrice conduce la pierderi suplimentare de energie relativ mai mici şi asigură menținerea unui anumit nivel de tensiune în amonte (trebuie asigurată o tensiune de minimum 0,7 U_n pentru a menține în funcțiune motoarele din circuit). Dacă se folosesc bobine de reactanță secționate (jumelate), sau bobine de reactanță asociate cu limitatoare de curent, pierderile suplimentare de energie din regim normal de funcționare pot fi foarte mici sau chiar nule, bobinele de reactanță intervenind eficace în regim de scurtcircuit când limitează mult curentul de scurtcircuit. Ca urmare metoda practică curent folosită este montarea în circuite a bobinelor de reactanță.

Bobinele de reactanță folosite în circuitele primare se construiesc fără miez de oțel, pentru menținerea inductanței constante şi evitarea saturației în regim de scurtcircuit.

Bobinele de reactanță se construiesc în beton de tip interior. Bobinajul se execută din conductoare flexibile, multifilare din aluminiu sau cupru, izolate. Distanța între spire este păstrată cu ajutorul unor coloane de beton. Bobinele monofazate sunt aşezate pe izolatoare suport şi sunt prevăzute cu borne de racord.

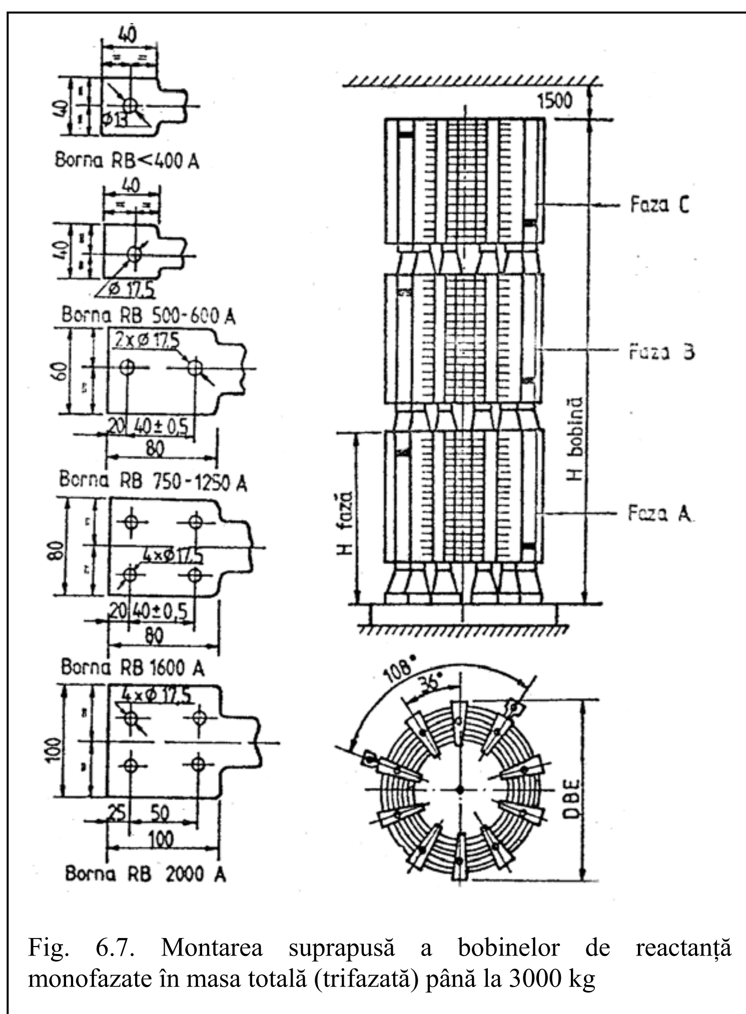


Fig. 6.7. Montarea suprapusă a bobinelor de reactanță monofazate în masa totală (trifazată) până la 3000 kg

Dacă cele trei bobine monofazate (livrate în set de trei faze identice) au masa de până la 3000 kg, se montează suprapuse pe verticală (etajat) iar dacă au peste 3000 kg se montează cu fazele în plan orizontal conform fig.6.7 şi 6.8. La montarea suprapusă a bobinelor monofazate, bobina din mijloc – B – se execută cu înfăşurarea în sens invers decât celelalte faze – A şi C – pentru a se reduce eforturile electrodinamice.

2.1. Scheme cu bobine de reactanță

Bobinele de reactanță sunt de bare şi de linie. Bobinele de reactanță de bare se conectează între secțiile de bare sau la secțiile de bare conform fig. 6.9.a,bc, şi limitează curentul de scurtcircuit al întregii instalații ier bobinele de reactanță de linie se conectează în serie pe linie (în celula de plecare) şi limitează curentul de scurtcircuit pe linie şi mențin nivelul de tensiune necesar în amonte, conform fig.6.9.d,e,f,g,h.

Bobinele de reactanță de bare când se montează între secțiile de bare (pe cupla longitudinală) conform fig.6.9.a, se mai numesc şi bobine de reactanță (reactoare) de secție şi limitează curenții de scurtcircuit din rețea (k_1), de pe barele colectoare (k_2) şi în circuitul generatorului (k_3). În regim normal de funcționare, dacă consumul pe secții este echilibrat de puterile injectate, circulația de puteri între secții este redusă şi astfel pierderile în bobinele de reactanță sunt mici.

Dacă bobinele de reactanță (reactoarele) de bare se montează în serie cu transformatoarele de putere, conform fig.6.9.b,c, se limitează curenții de scurtcircuit în rețea (k_1) şi pe bare(k_2). În fig.6.9.c bobina de reactanță este secționată.

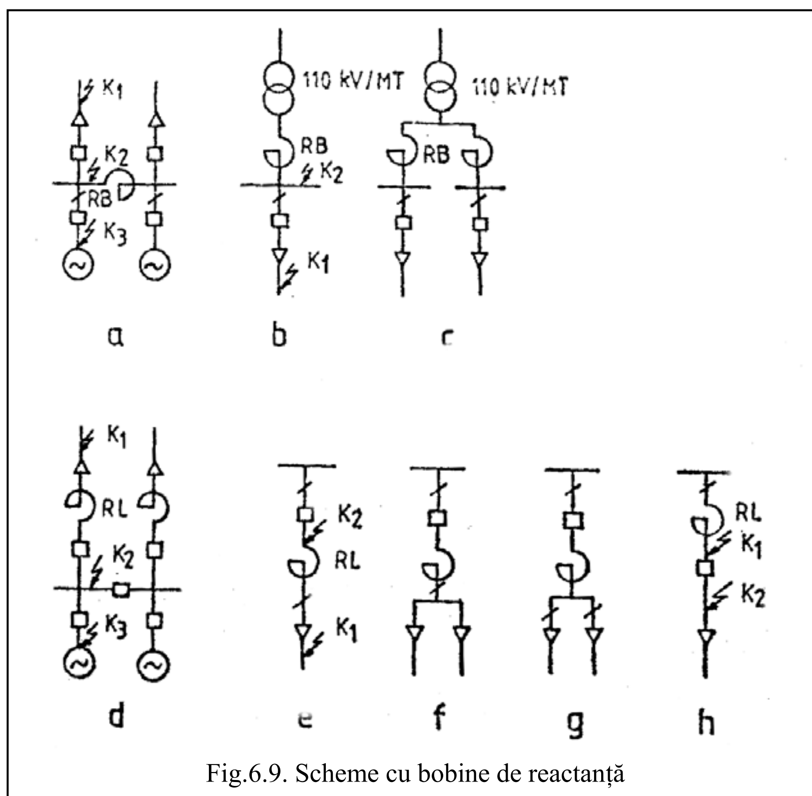


Fig.6.9. Scheme cu bobine de reactanță

Bobinele de reactanță de linie (fig.6.9.d,e,f,g,h) limitează numai curenții de scurtcircuit din aval deci pe linie şi nu limitează curenții de scurtcircuit de pe bare şi din circuitul generatorului (fig.6.9.d).

Bobinele de reactanță de linie se montează obişnuit în aval de întreruptor şi astfel acesta va fi mai puțin dimensionat. Teoretic există posibilitatea apariției unui scurtcircuit între întreruptor şi bobina de reactanță de linie (în k_2, fig.6.9.e), deci întreruptorul nu va putea deconecta şi va trebui să deconecteze următorul întreruptor din amonte. Practica arată însă că probabilitatea apariției unui scurtcircuit între bobine şi întreruptor (unde se folosesc obişnuit bare rigide) este foarte mică şi ca urmare prescripțiile admit ca echipamentul electric de la barele colectoare şi până la bobine (fig.6.9.e) să se aleagă în funcție de curentul de scurtcircuit de după bobină. Există şi varianta de montare a bobinelor de reactanță

în amonte de întreruptor (ca în fig.6.9.h), dar în acest caz separatorul de bare al liniei ar trebui deschis sub sarcina corespunzătoare funcţionării bobinei în gol şi deci la apariţia unui defect chiar într-o bobină de reactanţă, acesta nu s-ar putea separa prin deschiderea separatorului de bare; ca urmare această variantă este mai puţin folosită şi anume atunci când pe barele staţiei puterea de scurtcircuit este apropiată sau chiar este mai mare ca puterea de rupere a întreruptorului. În acest caz trebuie să declanşeze întreruptorul dinspre sursă (din amonte).

Pentru consumatori de putere mare, importanţi pot fi folosite bobine de reactanţă simple ce alimentează doi fideri, pe fiecare din aceştia putând fi separatoare de linie (fig.6.9.g) sau separator de linie unic (fig.6.9.f).

Se folosesc de asemenea scheme cu bobine de reactanţă de bare şi bobine de reactanţă de linie.

2.2. Alegerea şi verificarea bobinelor de reactanţă

Bobinele de reactanţă au parametrii principali, tensiunea nominală (U_{rn}), curentul nominal (I_{rn}), reactanţa procentuală nominală ($X_r\%$) şi pierderea relativă de tensiune ($\Delta U_f\%$).

Tensiunea nominală trebuie să fie egală cu tensiunea maximă de serviciu a instalaţiei unde se va monta bobina de reactanţă. Curentul nominal trebuie să fie cu puţin mai mare ca valoarea curentului maxim de durată al circuitului.

Reactanţa procentuală nominală se calculează cu relaţiile:

$$X_r\% = \frac{X_r}{X_n}100 = \frac{X_r}{\dfrac{U_{rn}}{\sqrt{3}\cdot I_{rn}}} = \frac{\sqrt{3}\cdot X_r I_{rn}}{U_{rn}}100 = \frac{\Delta U_f \sqrt{3}}{U_{rn}}100 \qquad (6.8)$$

unde: $X_r = L_r\omega \quad [\Omega]$ (6.9)

este reactanţa unei faze a bobinei de reactanţă.

Deci reactanţa procentuală nominală este căderea de tensiune inductivă dintr-o fază a bobinei de reactanţă, când aceasta este parcursă de curentul său nominal (I_{rn}), înmulţită cu 100 şi raportată la tensiunea sa nominală (U_{rn}).

Obişnuit, $X_r\%$ este între 3% şi 10%.

Pierderea de putere activă în bobină este obişnuit de 0,2% până la 0,3% din puterea bobinei deoarece rezistenţa lor este foarte mică.

Bobina de reactanţă simplă are aceeaşi valoare a reactanţei atât în regim normal cât şi în regim de scurtcircuit, ceea ce constituie un dezavantaj important, datorită căderilor mari de tensiune şi a consumului mare de energie în regim normal.

Inconvenienţa utilizării bobinelor de reactanţă simple a condus la alte soluţii şi anume:

- şuntarea în regim normal de funcţionare, a bobinelor de reactanţă simple, cu elemente limitatoare de curent;
- folosirea de bobine de reactanţă cu priză mediană (numite şi secţionate sau jumelate);

- limitatoare de curent cu elemente neliniare;
- secționarea nodurilor din stațiile de conexiuni sau metode care se asociază cu secționarea.

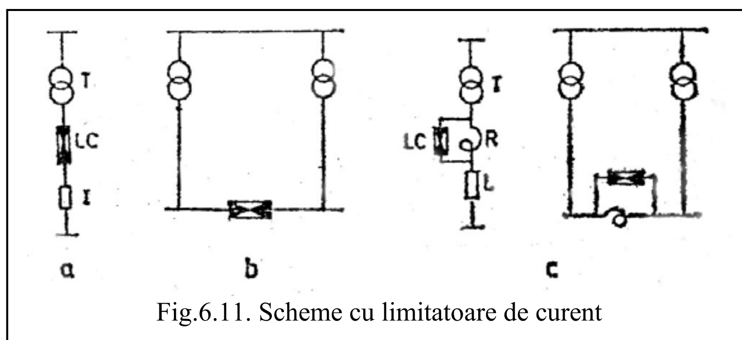


Fig.6.11. Scheme cu limitatoare de curent

Folosirea bobinelor de reactanță simple asociate cu limitatoare de curent se bazează pe caracteristicile de funcționare ale limitatoarelor de curent ce sunt formate dintr-o capsă explozivă şi un amorsor care este sensibil nu la valoarea curentului ci la panta acestuia şi are un timp de întrerupere foarte mic. Amorsorul introdus în circuit, conform fig.6.11 va întrerupe circuitul (a) sau îl va secționa longitudinal (b), înainte de apariția curentului de şoc. Dacă limitatorul de curent este asociat cu o bobină de reactanță simplă (c) în regim normal de funcționare bobina este şuntată, iar la apariția unui şoc de curent (scurtcircuit), cartuşul limitatorului explodează şi introduce în circuit bobina de reactanță. Astfel în regim normal de funcționare, bobina de reactanță nu este practic străbătută de curent, deci nu sunt pierderi, respectiv, variații mari de tensiune, ea fiind introdusă în circuit numai la variații mari de curent (scurtcircuit).

Bobinele de reactanță jumelate sunt realizate din două circuite paralele, fiecare cu o reactanță inductivă proprie X_l şi una mutuală X_m ce depinde de valoarea curentului din al doilea circuit.

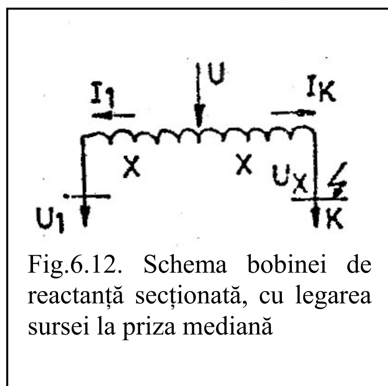


Fig.6.12. Schema bobinei de reactanță secționată, cu legarea sursei la priza mediană

Bobinele de reactanță jumelate au la mijlocul înfăşurării o priză, la care obişnuit se leagă sursa, iar la capete se racordează consumatorii, conform fig.6.12. Constructiv bobina de reactanță jumelată este asemănătoare bobinei de reactanță simplă.

Considerăm bobina de reactanță secționată ce alimentează două circuite independente simetrice (fig.6.12).

În regim normal de funcționare, căderea de tensiune pe ramurile bobinei va fi:

$$U = \frac{1}{2}\left(XI - mXI\right) = \frac{1}{2}XI\left(1-m\right) = \frac{I}{2}X' \qquad (6.17)$$

unde: $X' = X\left(1-m\right)$ este reactanța echivalentă a unei ramuri în regim simetric de încărcare a celor două ramuri; m – coeficient numit de cuplaj, ce este dat de furnizor şi obişnuit are valoarea 0,5.

Reactanța echivalentă în regim normal de funcționare este deci cu atât mai mică cu cât factorul de cuplaj (m) între ramurile înfăşurării este mai mare.

În cazul când sursa este conectată la priza mediană (A) şi unul din capetele bobinei apare un scurtcircuit, curentul din ramura avariată devine mult mai mare (I_k) decât cel de pe ramura sănătoasă iar căderea de tensiune pe ramura avariată devine:

$$U_k = XI_k - XmI_1 \approx XI_k \qquad (6.19)$$

Aşadar, în regim de scurtcircuit, reactanţa echivalentă a unei ramuri, în cazul unui scurtcircuit la capătul ei, este:

$$X_k \approx X > X' = X(1-m); \qquad \frac{X_k}{X'} = \frac{1}{1-m} > 1 \qquad (6.20)$$

O bobină de reactanţă secţionată este cu atât mai bună cu cât factorul de cuplaj este mai mare. Se impune însă condiţia de a conecta cele două ramuri la circuite independente, deoarece în caz contrar, la apariţia unui scurtcircuit, curenţii de pe cele două ramuri vor fi egali, iar reactanţa echivalentă va fi tot X'. Bobinele de reactanţă secţionate au şi avantajul unui consum mai redus de energie reactivă în raport cu bobinele de reactanţă simple.

Un alt mijloc de limitare a curentului de scurtcircuit este cel de a introduce în serie pe circuit un element neliniar a cărui reactanţă să fie cât mai mică în regim normal de funcţionare şi cât mai mare în regim de scurtcircuit.

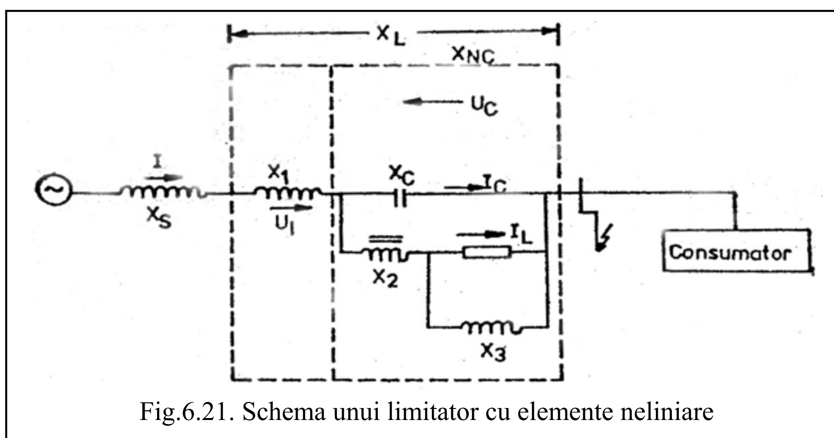


Fig.6.21. Schema unui limitator cu elemente neliniare

În fig.6.21 este prezentată schema unui astfel de limitator cu elemente neliniare unde X_s este reactanţa sursei, X_1 – reactanţa liniară a limitatorului, X_c – reactanţa capacitivă, X_2 şi X_3 – reactanţele unor bobine neliniare, X_{NL} – reactanţa neliniară a limitatorului, X_L – reactanţa totală a limitatorului de curent. În regim normal de funcţionare X_2 şi X_3 au valori foarte mari astfel că practic X_{NL}=X_c. Se alege X_c=X_1 şi astfel în regim normal de funcţionare este compensată reactanţa liniară X_1 de reactanţa capacitivă X_c(X_1=X_c) şi reactanţa totală a limitatorului este practic nulă (X_L=0). În cazul unui scurtcircuit în punctul k, curentul creşte, bobinele neliniare se saturează şi reactanţele X_2 şi X_3 se reduc progresiv şuntând reactanţa capacitivă X_c, se anulează compensarea reactanţei X_1 şi astfel se va limita curentul de scurtcircuit. Când scurtcircuitul dispare, reactanţele X_2 şi X_3 recapătă valori foarte mari şi X_c compensează pe X_1.

2.3. Instalarea bobinelor de reactanţă

Bobinele de reactanţă în beton (de tip uscat) se instalează numai în instalaţii de distribuţie interioare într-un mediu ambiant fără gaze, acizi, praf bun conducător de electricitate, vapori de apă, etc., cu umiditate relativă a aerului de până la 80% la temperatura de +35 ^{0}C şi pot funcţiona la temperaturi între –25 ^{0}C şi +40 ^{0}C şi altitudini de până la 1000 m.

Încăperea unde se montează bobinele de reactanţă se prevede cu ventilaţie naturală. Dacă ventilaţia naturală nu este suficientă se realizează ventilaţia mecanică.

Furnizorul indică distanţele minime admise între fazele bobinelor de reactanţă şi între acestea şi construcţiile de oţel şi de beton armat ale încăperii.

Când între bobinele de reactanţă de pe faze sunt montate izolatoare de distanţare, faza din mijloc trebuie bobinată în sens invers fazelor extreme şi astfel forţa electrodinamică maximă comprimă izolatoarele în loc să le întindă, deci izolatoarele vor rezista mult mai bine la acest efort.

Construcţiile de oţel situate în apropierea bobinelor de reactanţă se încălzesc datorită curenţilor de inducţie (deci apar pierderi importante), iar la scurtcircuit sunt atrase puternic de bobine. Pentru reducerea încălzirilor şi a pierderilor prin inducţie în circuitele magnetice închise din apropierea bobinelor de reactanţă, se secţionează ramele uşilor din oţel. În apropierea bobinelor de reactanţă nu trebuie lăsate piese metalice (scule, etc.).

SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚIILE ECTRICE DE DISTRIBUȚIE DE MEDIE TENSIUNE CU MEDIUL IZOLANT AER

Noțiuni generale

Stațiile electrice de distribuție de medie tensiune se construiesc pentru tensiunile de 6, 10 şi 20 kV şi sunt de tip interior. Cele care folosesc ca mediu izolant aerul, se realizează în interiorul unei clădiri şi pot fi împărțite în două mari categorii şi anume:

- instalații de tip deschis;
- instalații de tip închis.

Instalațiile electrice de tip deschis au montate aparatele şi căile de curent astfel încât să se poată face controlul vizual al elementelor componente şi sunt protejate împotriva atingerilor accidentale ale părților sub tensiune.

După modul cum sunt separate elementele ce aparțin unui circuit structura stației este:

- celulară – când se realizează prin pereți despărțitori plini;
- de tip hală - când se realizează prin plase de protecție sau bariere

Structura de tip hală este specifică instalațiilor cu tensiunea de serviciu ≥ 60kV.

La instalațiile electrice interioare de medie tensiune, deoarece distanțele de izolare sunt mai reduse se foloseşte structura celulară pentru ca un eventual arc electric să aibă efecte negative numai asupra echipamentului din circuitul în care s-a produs.

Instalațiile de tip deschis trebuie să respecte în afara condițiilor generale şi o serie de condiții specifice:

- Într-o celulă se dispun numai echipamentele unui circuit, care, trebuie astfel montate încât dacă se lucrează la un echipament al circuitului să nu trebuiască să se scoată de sub tensiune barele colectoare sau elementele altui circuit.

- Toate echipamentele de acelaşi fel, trebuie montate în dispoziții identice în toate celulele unui şir de celule, dispoziția celulelor se face funcție de tipul de instalație fără a transmite clădirii sarcini importante, iar echiparea celulelor trebuie realizată ținând seama de dezvoltarea etapizată a instalației.

- Dacă instalația este pe două nivele, la parter se aşează elemente grele şi cu dimensiuni mari iar la etaj celelalte.

Instalațiile electrice de tip închis, sunt formate din celule prefabricate închise, astfel încât nici o parte sub tensiune a instalației să nu poată fi atinsă.

Celulele pot fi:

- capsulate (realizate din tablă de oțel)
- blindate (realizate din fontă turnată sau piese de oțel sudate).

Instalațiile de tip închis față de cele de tip deschis, au o serie de *avantaje* şi anume:

- au dimensiuni mai mici (deci costul clădirii este mai redus),
- durata de execuție este mai redusă (deoarece constă doar în fixarea celulelor pe fundație şi efectuarea racordurilor),
- riscul de accidentare a personalului de exploatare este mai redus,

- siguranța în funcționare este mai mare, restabilirea realimentării este mult mai scurtă (prin înlocuirea întreruptorului debroşabil),
- un defect se localizează numai la elementul defect sau la celula respectivă
- montajul poate fi făcut şi direct în exterior sau în spații poluate (cu măsuri speciale pentru învelişul exterior de protecție).

Instalațiile de tip închis față de cele de tip deschis au următoarele *dezavantaje:*

- nu se poate face controlul vizual direct al echipamentelor dacă circuitul este în funcție
- nu este posibilă înlocuirea unor aparate cu altele cu alți parametri electrici
- costul este obişnuit mai mare.

Instalațiile de tip închis sunt folosite în special la servicii proprii ale centralelor, alimentarea consumatorilor, instalații fără personal permanent, instalații ce trebuie puse în funcție foarte repede, instalații provizorii precum şi în spații poluate sau cu pericol de explozie.

Soluții constructive pentru celulele de medie tensiune ale stațiilor electrice de distribuție de 6-20 kV

Celulele de medie tensiune ale stațiilor electrice de distribuție de 6-20 kV sunt obişnuit realizate sub forma unor celule metalice prefabricate în care se montează echipamentul aferent unui circuit. Aceste celule metalice prefabricate sunt de obicei executate pentru *interior,* se amplasează într-o încăpere special amenajată în clădirea stației şi formează stația de distribuție de medie tensiune de tip interior din cadrul stației de transformare.

Se realizează şi celule metalice prefabricate de tip *exterior* la care atât cabina metalică cât şi echipamentul interior trebuie să corespundă condițiilor de funcționare în mediul exterior. Ansamblul unor astfel de celule formează stația de distribuție de medie tensiune de tip exterior din cadrul stației de transformare.

Obişnuit stațiile de distribuție de tip exterior se folosesc numai pentru stații de transformare provizorii cum sunt cele pentru alimentarea cu energie electrică a unor şantiere.

Din punct de vedere constructiv, celulele metalice prefabricate de medie tensiune de interior pot fi de două tipuri şi anume:

- de tip deschis
- de tip închis.

Celulele de interior de tip deschis se caracterizează prin:

- se realizează din tablă sudată pe un schelet din profile din tablă îndoită, cu uşi pline în față şi plasă în spate şi vizibilitate directă a echipamentului.

- barele colectoare sunt rigide, dreptunghiulare, aşezate pe lat, aparent în exteriorul cabinelor metalice, la partea lor superioară cu ajutorul unor armături de prindere pe izolatoare de trecere tip interior.

- au două compartimente şi anume un compartiment pentru echipamentul de medie tensiune şi un altul pentru circuitele secundare.

- se execută:
    - pe un nivel, în varianta tip rețea, putând avea dublu sistem de bare sau simplu sistem de bare
    - pe două nivele realizate din module suprapuse, în varianta tip urban când se construiesc numai pentru dublu sistem de bare.

În compartimentul pentru echipamentul de medie tensiune sunt montate *separatoarele de bare tripolare* de interior (STI) de 6, 10 sau 20 kV în poziție verticală, cu deschiderea cuțitelor în plan vertical, acționate mecanic prin intermediul unor pârghii cu ajutorul unor dispozitive de acționare manuală (AMI) cu manete, montate lângă întreruptor (poziția manetei sus corespunde poziției închis a separatorului şi reciproc).

Bornele inferioare ale izolatoarelor de trecere sunt legate de ale separatoarelor de bare prin bare dreptunghiulare de aluminiu.

Celelalte borne ale separatoarelor de bare sunt legate împreună tot prin bare dreptunghiulare de aluminiu şi apoi acestea sunt legate la bornele fixe ale întreruptorului debroşabil.

Întreruptorul de medie tensiune este debroşabil şi montat împreună cu dispozitivul său de acționare pe un cărucior, cu blocaj mecanic ce nu permite debroşarea, respectiv scoaterea căruciorului cu întreruptor din celulă, decât dacă întreruptorul sau separatoarele sunt deschise. Pot fi prevăzute şi blocaje ale cuțitelor de legare la pământ (când există) iar la instalațiile cu bare duble, şi blocaje în funcție de poziția cuplei transversale.

În spatele întreruptorului, respectiv în partea din spate a celulei de tip deschis sunt *transformatoarele de curent şi de tensiune* precum şi separatorul de punere la pământ al liniei în cablu electric subteran, al cărui dispozitiv de acționare manual este plasat pe un suport pe peretele din spate al celulei.

Legătura se face la capul terminal al cablului de medie tensiune (LEC), cablu ce se pozează într-un canal de cabluri sub celulă.

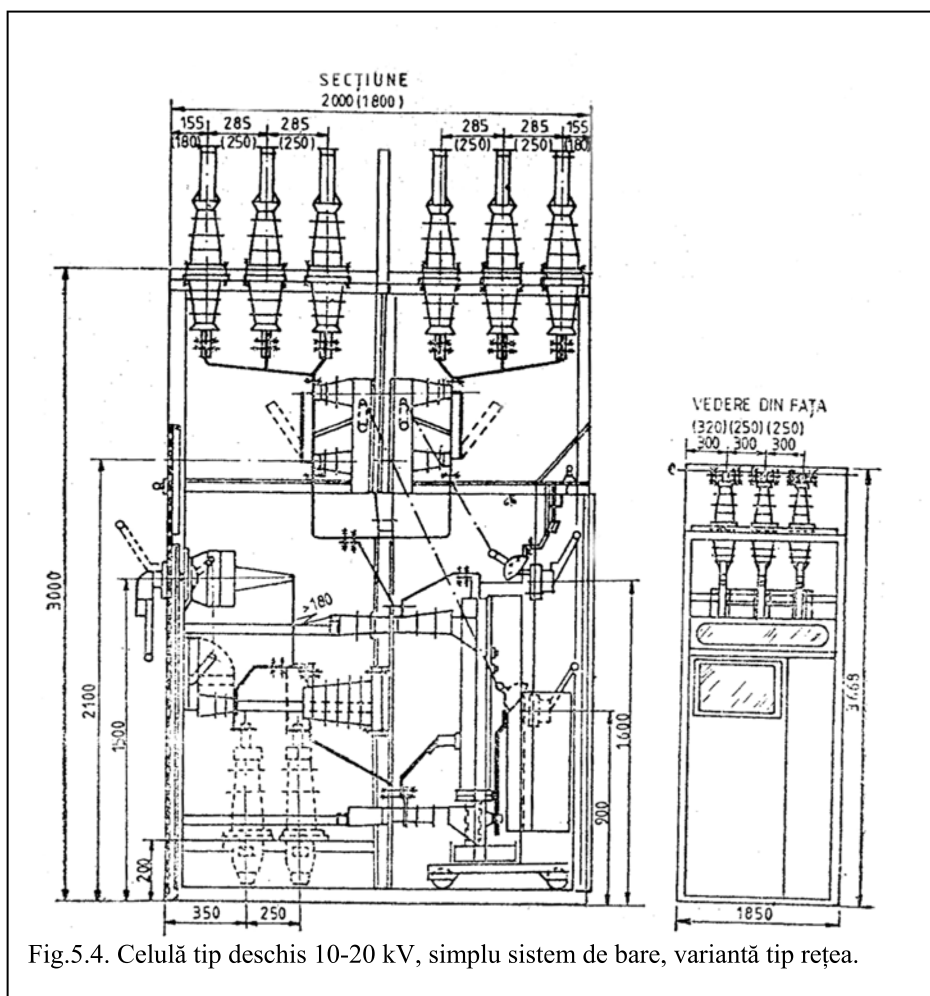


Fig.5.4. Celulă tip deschis 10-20 kV, simplu sistem de bare, variantă tip rețea.

Celule de interior de tip închis se caracterizează prin:

- au barele colectoare montate în interiorul celulei.
- se realizează din tablă ambutisată (pereţii şi uşile), pe un schelet metalic din profile de tablă îndoită;
- are şi în acest caz un compartiment pentru echipamentul de medie tensiune şi un alt compartiment pentru circuitele secundare.

Compartimentul pentru echipamentul de medie tensiune este împărţit în:

- compartimentul barelor colectoare;
- compartimentul căruciorului cu întreruptor debroşabil;
- compartimentul cu restul echipamentului de medie tensiune.

Celula de tip închis de 10 kV cu simplu sistem de bare, are montate barele colectoare rigide, dreptunghiulare într-un plan vertical în compartimentul din stânga sus iar de aici se face legătura prin barele rigide dreptunghiulare cu bornele fixe ale întreruptorului debroşabil, care întreruptor ocupă compartimentul din dreapta jos.

Contactele fixe inferioare ale întreruptorului sunt în serie cu transformatoarele de curent (de la bornele cărora se fac legăturile în derivaţie la transformatoarele de tensiune) iar de aici la izolatoarele suport unde se face legătura cu conductoarele cablului de medie tensiune; toate aceste echipamente (cu excepţia întreruptorului) sunt amplasate în compartimentul din stânga jos. În compartimentul din dreapta sus, sunt amplasate circuitele secundare.

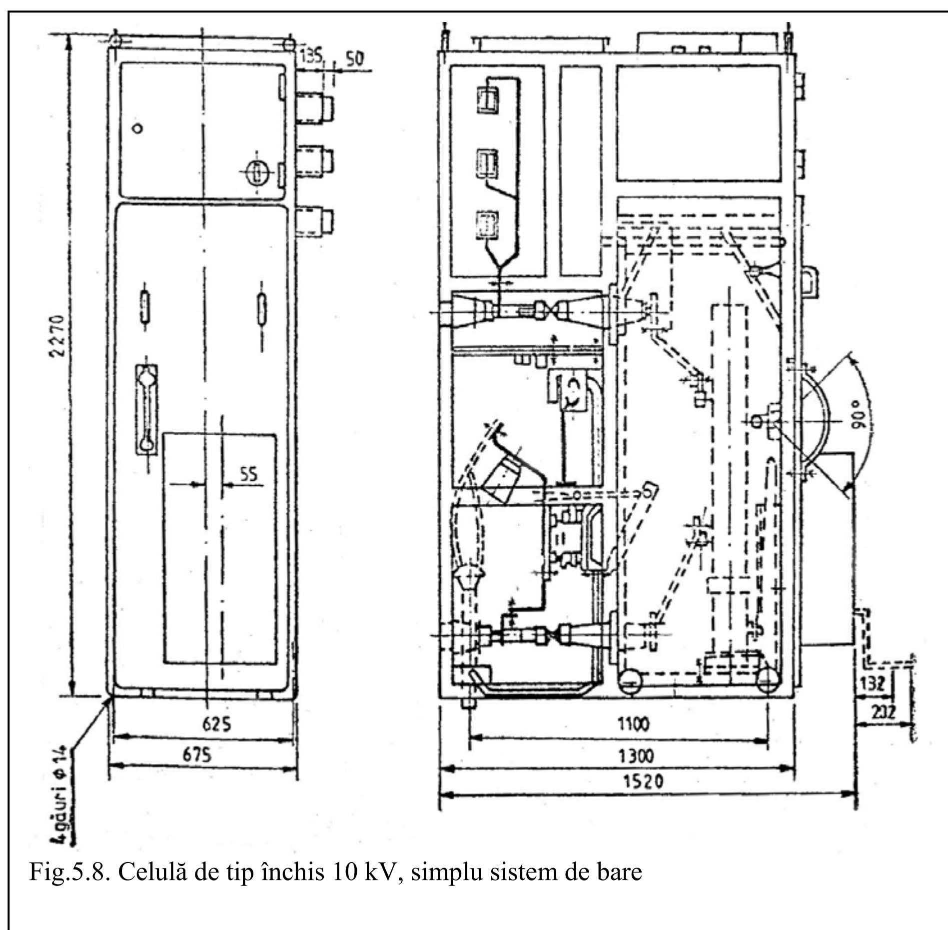


Fig.5.8. Celulă de tip închis 10 kV, simplu sistem de bare

Celule metalice prefabricate de exterior

Celulele metalice sunt fabricate pentru a funcţiona la 10 şi 20 kV, singure sau asamblate în grup, în mediu exterior, în condiţii de climat temperat şi fără depuneri excesive de praf, gaze, vapori, substanţe bune conducătoare de electricitate sau active din punct de vedere chimic, neexpuse pericolului de incendiu şi de explozie şi se folosesc la posturi de transformare sau pentru secţionarea liniilor electrice aeriene. Au borne de intrare-ieşire aeriene.

Criterii pentru alegerea schemelor electrice şi echipamentului staţiilor electrice de distribuţie de 6-20 kV

Schemele electrice de conexiuni ale staţiilor electrice de distribuţie de 6-20 kV, se aleg în funcţie de:

- modul de încadrare a staţiei în sistem (la intrarea în funcţie a staţiei şi pe o perioadă viitoare de 10-15 ani);
- de importanţa numărului şi puterea consumatorilor alimentaţi,
- de caracteristicile aparatajului,
- posibilităţile de realizare constructivă
- perspectiva dezvoltării reţelelor de distribuţie în următorii cinci ani (de la intrarea în funcţie a instalaţiei).

Schemele electrice de conexiuni trebuie să fie:

- cât mai simple (se evită schemele complicate ca cele cu bare dublu secţionate cu cuple longitudinale sau bare dublu secţionate cu cuple longitudinale şi transversale),
- cu puţine aparate de comutare pentru a avea o investiţie cât mai ieftină şi o exploatare cât mai simplă şi cu cheltuieli cât mai mici,
- alegerea schemei trebuind să se facă pe bază de calcule tehnico-economice comparative a câtorva variante.

Staţiile de distribuţie de 6-20 kV tip reţea folosesc obişnuit celule de tip închis iar cele de 20 kV, dacă schema este cu bare simple folosesc tot celule de tip închis iar dacă schema este cu bare duble se folosesc celule de tip deschis.

Schemele cu bare nesecţionate se folosesc la instalaţii de distribuţie de medie tensiune ale staţiilor de 110/MT simple cu un singur transformator; la cele cu două transformatoare se folosesc schema cu bară simplă secţionată şi cea cu bară dublă nesecţionată cu cuplă transversală.

Întreruptoarele utilizate pentru construcţia celulelor de medie tensiune sunt de tipul cu ulei, iar mecanismele de acţionare sunt cu resoarte sau electrice. Pentru curenţi nominali de 630 A şi 1000 A se folosesc întreruptoare tip, IUP-M. Pentru curenţi nominali de 630, 1250, 2500 şi 4000 A se folosesc întreruptoare tip IO

Separatoarele utilizate pentru construcţia celulelor de medie tensiune sunt de tipul STI la celulele de 630 A, STIP la plecările aeriene ale celulelor deschise tip reţea şi la plecările aeriene ale celulelor tip urban. Cuţitele de legare la pământ se montează în toate celulele cu racord în cablu. şi trebuie să fie verificate la scurtcircuit.

Transformatoarele de curent din celulele staţiilor de distribuţie de 6-20 kV au izolaţie din răşină epoxidică şi pentru curenţi nominali până la 630 A inclusiv sunt de tip suport

CIRS-10, 20 kV iar pentru curenţi nominali de peste 630 A sunt de trecere tip CIRTo, 0,1 s-10, 20 kV. Se montează pe trei faze în celulele de linie şi transformator şi pe două faze în celulele de condensatoare, servicii proprii şi cuplă.

Transformatoarele de tensiune au izolaţia de asemenea din răşină epoxidică şi sunt monofazate de tip TIRMo-6, 10, 20 kV montaj trifazat în celule de măsură a fiecărei secţii de bare şi bifazate tip TIR-6, 10, 20 kV montate în celulele liniilor interconectate pentru semnalizarea prezenţei tensiunii.

Descărcătoarele sunt de tipul DRVS cu rezistenţă variabilă şi rezistenţă de şuntare, în cazuri speciale, justificate tehnico-economic, putându-se utiliza şi descărcătoare cu rezistenţa variabilă şi suflaj magnetic.

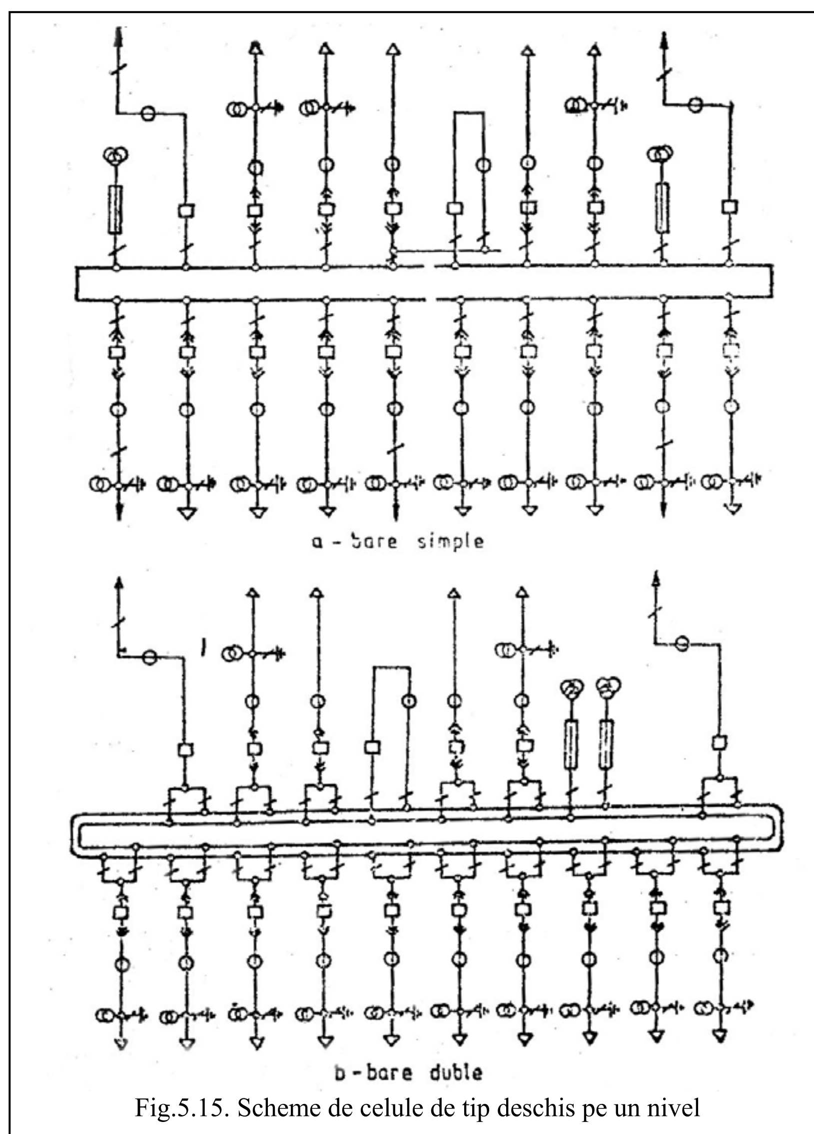


Fig.5.15. Scheme de celule de tip deschis pe un nivel

Soluții constructive pentru stații electrice de distribuție de medie tensiune

Stațiile electrice de distribuție de 6-20 kV se execută obişnuit în clădiri, iar celulele se aşează:

- pe un şir, când au gabarit redus şi nu rezultă lungimi exagerate pentru clădire
- pe două şiruri.

Clădirea trebuie să asigure anumite condiții de mediu şi de montaj al celulelor:

- În interiorul clădirii trebuiesc asigurate nivelurile de temperatură admise de echipament prin sisteme de încălzire locală (de obicei electrică).

- Trebuie asigurat accesul în încăpere, uşi cu deschidere liberă spre exterior, planeitatea pardoselii, spații pentru manevrarea celulelor la montare, spații pentru exploatare, spații pentru întoarcerea barelor colectoare şi acces între sala de conexiuni şi corpul de comandă.

- Pentru plecările în cabluri, trebuie prevăzute canale de cablu cu plăci de beton prefabricate sau din tablă striată la partea superioară, cu tuburi de protecție a cablurilor la trecerea prin zid, tuburi ce se montează cu materiale incombustibile împiedicând intrarea apei în canalele de cabluri.

- În afara canalelor de cabluri de forță sunt necesare şi canale de cabluri pentru circuitele secundare.

- Dacă sunt racorduri aeriene, trebuie realizată trecerea izolantă cu izolatoare tip trecere interior-exterior şi cu păstrarea distanțelor impuse de normative.

- Clădirea stației de distribuție trebuie prevăzută în afară de iluminat local din fiecare celulă cu iluminat general al culoarelor

- Racordurile instalației de distribuție de medie tensiune la transformatoarele exterioare pot fi capsulate dacă zona este poluantă. Plecările de medie tensiune sunt obişnuit în cabluri subterane.

- Stațiile electrice de medie tensiune de tip interior sunt protejate împotriva atingerilor directe prin asigurarea de izolare şi de protecție impuse de normative, prin paravane despărțitoare, la celulele de tip deschis, între sistemele de bare colectoare şi prin plase de protecție sub barele colectoare în dreptul uşilor de acces, al celulelor la transformator cu racord aerian şi în dreptul întoarcerii aparent a barelor.

SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU POSTURI DE TRANSFORMARE ŞI PUNCTE DE ALIMENTARE

Noțiuni generale

Un *post de transformare* este o stație de transformare coborâtoare, mică, cu o putere de până la 2500 kVA, destinată alimentării în joasă tensiune (până la 1 kV inclusiv) a consumatorilor.

La un post de transformare:

- energia electrică intră într-o instalație electrică de distribuție de medie tensiune prin unul sau mai multe circuite de medie tensiune;
- din instalația de distribuție, prin unul sau mai multe alte circuite de medie tensiune (obişnuit cel mult două), energia electrică este trimisă la transformatoare coborâtoare de medie pe joasă tensiune;
- din trafo, prin circuite de joasă tensiune, energia electrică este trimisă la instalația electrică de distribuție de joasă tensiune numită şi tablou de distribuție de joasă tensiune.

Un punct de alimentare este o stație de conexiuni de medie tensiune, (6-20 kV) destinată alimentării unor posturi de transformare. Este de multe ori combinată cu un post de transformare. Se instalează în general în rețele urbane sau la consumatori industriali şi se realizează în general în încăperi supraterane.

În raport cu modul de aşezare față de sol, posturile de transformare pot fi împărțite în trei categorii şi anume:

A) Posturi de transformare aeriene (PTA), montate pe stâlpi de beton (mai rar de lemn), alimentate obişnuit prin derivații de la linii electrice aeriene de electrificări rurale de 20 kV (mai rar de la linii de 6-10 kV), cu transformatoare cu puteri relativ mici, de obicei cuprinse între 20 şi 250 kVA şi destinată de regulă alimentării unor consumatori de joasă tensiune din mediul rural.

B) Posturi de transformare supraterane. Aceste posturi se realizează în două variante şi anume:

a) Posturi de transformare în cabine metalice, prefabricate, folosite de obicei pentru alimentări temporare, de şantier (mai rar pentru alimentări urbane normale), cu puteri cuprinse între 100 şi 1000 kVA;
b) Posturi de transformare în încăperi supraterane, realizate în cabine de zid special construite sau la parterul blocurilor de locuințe în unele încăperi special rezervate şi amenajate pentru postul de transformare sau în încăperi special rezervate din incintele tehnologice ale întreprinderilor industriale.
c) Posturi de transformare subterane, realizate într-o construcție subterană, în locurile unde din diverse motive (ca cele de sistematizare urbană), nu este admisă realizarea unei construcții supraterane

Posturile de transformare supraterane şi subterane alimentează obişnuit consumatorii din rețelele urbane şi consumatorii industriali sau agroindustriali.

La execuția posturilor de transformare se caută să se folosească cât mai mult elementele prefabricate deoarece se realizează o execuție industrială cu montare rapidă,

prefabricatele pot fi refolosite la desfiinţarea postului, deservirea este simplă iar fiabilitatea în exploatare este mare şi se pot schimba relativ uşor diverse echipamente.

Posturi de transformare aeriene (PTA)

Posturile de transformare aeriene se realizează pe un stâlp sau pe doi stâlpi.

PTA pe un stâlp se realizează în două variante:

- cu transformatorul instalat pe o platformă;
- cu transformatorul agăţat de stâlp.

Post este racordat la capătul unei derivaţii dintr-o linie trifazată. Alimentarea postului se face printr-un separator ce se montează în amonte faţă de postul de transformare pe acelaşi stâlp sau pe un alt stâlp al racordului de medie tensiune.

Separatorul este de obicei de tip STEP, deci cu cuţite de punere la pământ ceea ce permite să se execute lucrări la post fără a mai monta scurtcircuitoare mobile pe partea de medie tensiune.

După separator sunt siguranţe fuzibile de medie tensiune iar apoi transformatorul.

Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice se face cu ajutorul descărcătoarelor cu coarne sau a descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă care se leagă la priza de pământ a postului de transformare.

Înfăşurările secundare de joasă tensiune ale transformatorului sunt legate în stea şi au nulul legat la nulul reţelei de joasă tensiune, care se leagă la priza de pământ de exploatare a reţelei.

Instalaţia de distribuţie de joasă tensiune, numită tablou de distribuţie, este închisă într-o cutie de distribuţie şi este formată dintr-un sistem de bare colectoare rigide, trifazat, alimentat de la bornele de joasă tensiune ale transformatorului prin barete de separare sau prin siguranţe cu mare putere de rupere (MPR) sau siguranţe cu mâner (alimentare generală); pe acest circuit (general) sunt montate şi transformatoare de curent din secundarul cărora se alimentează înfăşurările de curent ale contorului trifazat de energie activă al postului de transformare.

De pe barele generale sunt alimentate diverse circuite pentru consumatori, fiecare circuit fiind echipat cu siguranţe fuzibile. Unele circuite de plecare pot avea contoare de energie activă şi uneori şi contoare de energie reactivă. În cutia de distribuţie este şi o lampă (L) cu întreruptor, pentru lucrări de exploatare la tabloul de joasă tensiune în timpul nopţii.

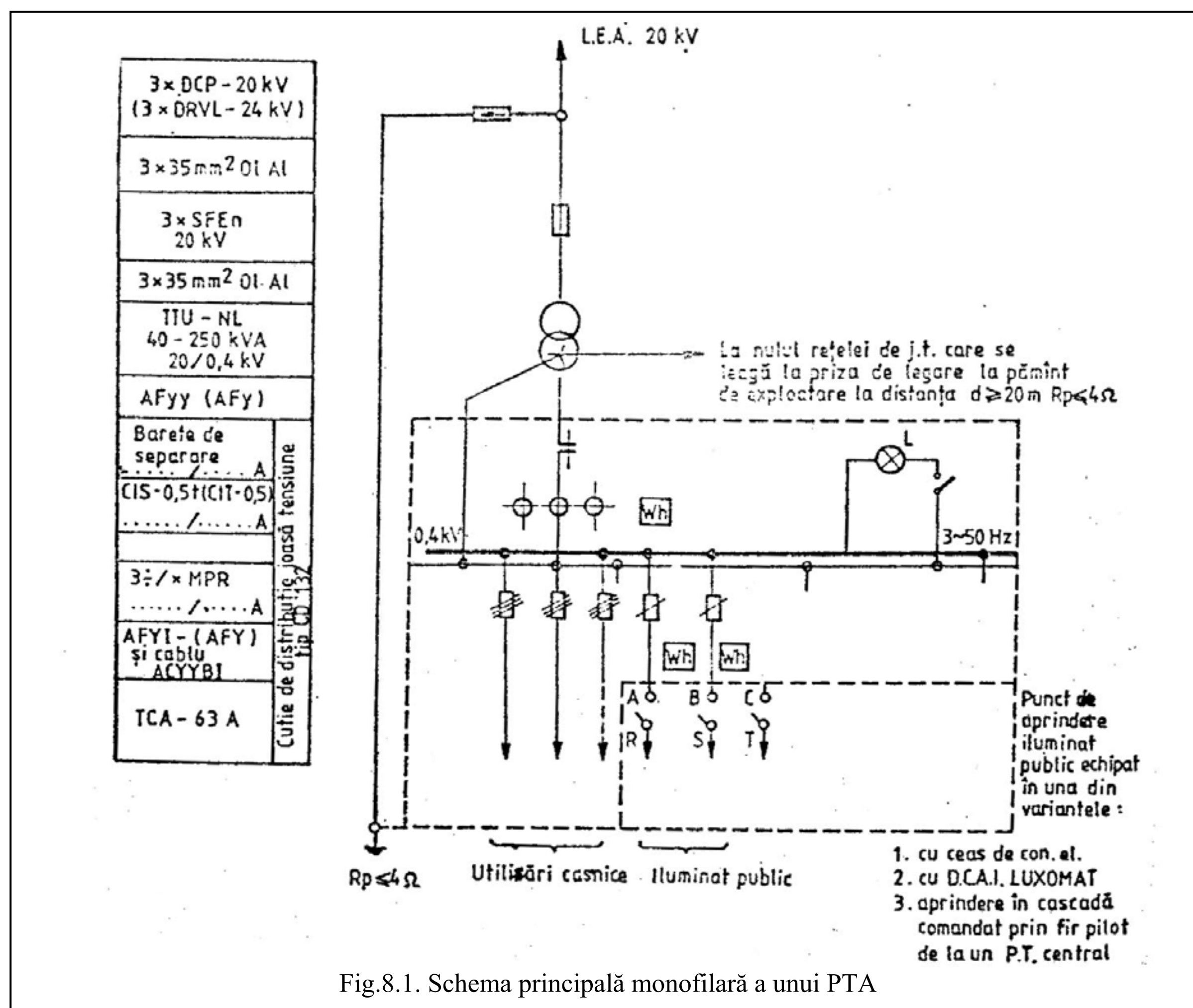


Fig.8.1. Schema principală monofilară a unui PTA

Posturi de transformare supraterane

Posturile de transformare supraterane se realizează în două variante şi anume:
- posturi de transformare în construcție metalică (PTM)
- posturi de transformare în încăperi supraterane.

Posturi de transformare în construcție metalică (PTM)

PTM sunt executate pentru a funcționa în mediul exterior, în mai multe variante funcție de destinația şi puterea transformatorului.

Se racordează aerian sau cu cablu pe partea de medie tensiune şi numai cu cabluri pe partea de joasă tensiune.

Se instalează pe fundații de beton sau pe şine de cale ferată montate pe traverse de lemn sau direct pe un teren solid.

Aceste posturi de transformare au marele avantaj că montarea şi dimensionarea se face foarte uşor, doar prin legarea respectiv dezlegarea legăturilor în cablurile de medie şi cele de

joasă tensiune şi manipularea întregului post cu macarale şi mijloace de transport corespunzătoare.

PTM sunt realizate din una sau mai multe cabine metalice din tablă de oţel ambutisată asamblate între ele prin şuruburi, în care se montează echipamentul electric iar transformatorul de forţă poate fi montat tot în interior, într-o cabină metalică sau în exterior.

Dacă PTM este realizat din două compartimente principale, unul din compartimente este ocupat de echipamentul de medie tensiune iar celălalt de transformatorul de forţă şi de tabloul de distribuţie de joasă tensiune.

Dacă PTM este realizat din trei compartimente principale pentru cazul racordării buclate pe partea de medie tensiune, în una din cabinele metalice este montat transformatorul de forţă, în alta este montat tabloul de joasă tensiune şi aparatajul de protecţie al primarului transformatorului iar a treia este montat echipamentul pentru racordarea postului la reţeaua de medie tensiune buclată.

Circuitele de medie tensiune ale PTM sunt prevăzute cu separatoare normale sau cu separatoare de putere ce pot rupe curenţi de sarcină şi au bobine de acţionare pentru a permite manevre de AAR (anclanşare automată a rezervei) şi telecomenzi precum şi siguranţe fuzibile pe circuitul de alimentare al transformatorului.

Pe joasă tensiune circuitul general este echipat cu întreruptor automat pentru protecţia transformatorului iar circuitele de plecare spre consumatori sunt legate la barele generale de joasă tensiune prin siguranţe MPR sau siguranţe cu mâner (SM). Pentru iluminat public sunt circuite distincte cu contactor pentru aprindere şi stingere şi contoare pentru măsurarea energiei.

Posturi de transformare în încăperi supraterane

Sunt:
- posturi de transformare pentru reţea – care alimentează reţelele de joasă tensiune din mediul urban;
- posturi de transformare pentru abonat – care alimentează consumatorii industriali sau agroindustriali.

Posturile de transformare supraterane pentru reţea pot fi realizate:
- în clădire independentă (din panouri mari din BCA sau din zidărie)
- la parterul blocurilor de locuinţe (într-o încăpere sau în două încăperi)
- înglobate într-o clădire edilitară
- înglobate în clădirea unei staţii de conexiuni de medie tensiune (unui punct de alimentare).

Posturi de transformare subterane

Această soluţie este utilizată pentru posturile de transformare pentru reţea în zone urbane aglomerate unde arhitectura zonei nu permite aplicarea celorlalte soluţii (clădire independentă sau amplasarea postului înglobat într-o clădire edilitară sau bloc de locuinţe).

SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII ELECTRICE DE DISTRIBUȚIE DE ÎNALTĂ ŞI FOARTE ÎNALTĂ TENSIUNE

Stațiile electrice de distribuție de înaltă şi foarte înaltă tensiune (ÎT), pot fi realizate în două mari variante constructive, funcție de faptul dacă sunt sau nu amplasate în interiorul unor clădiri: Cele realizate în aer liber se numesc

- stații de distribuție exterioare - realizate în aer liber
- stații de distribuție interioare - amplasate în interiorul unor clădiri

Stații de distribuție exterioare

Amplasarea în exterior a instalațiilor de distribuție (conexiuni) este impusă de economicitate şi este aplicată cu deosebire la tensiunile mari şi foarte mari (peste 35 kV).

Soluțiile constructive pentru instalațiile exterioare sunt determinate de următoarele elemente:

- tipul separatoarelor şi a întreruptoarelor;
- tipul căilor de curent;
- izolația şi suporții;
- schema monofilară a instalațiilor;
- restricțiile de spațiu.

După înălțimea față de sol la care se montează echipamentul sunt:

1. Soluții de tip înalt la care separatoarele de bare se montează la 5 până la 10 m înălțime de sol şi care au aplicabilitate acolo unde se pun restricții cu privire la suprafața folosită. Aceste soluții presupun costuri mai mari pentru cadrele de susținere şi o serie de dificultăți în exploatare, datorită unei mai reduse accesibilități a echipamentului.

2. Soluții de tip semiînalt la care separatoarele de bare se montează la înălțimile minime impuse de renunțarea la îngrădiri de protecție.

Aceleaşi înălțimi se folosesc şi la amplasarea transformatoarelor de curent şi a întreruptoarelor, predominând totuşi amplasarea lor pe fundamente înalte mai ales la tensiunile de 110 şi 220 kV.

3. Soluții de tip scund (jos) sunt cele la care echipamentul se montează în întregime la sol, instalațiile fiind dezvoltate pe orizontală, cadrele de susținere fiind mai simple şi deci mai ieftine.

Instalații de distribuție exterioare de tip înalt

Folosirea lor este însă redusă în special datorită dificultăților în exploatare.

Diversitatea lor rezultă din forma cadrelor de susținere, din poziția barelor colectoare una față de alta, din tipul căilor de curent folosite şi din modul de susținere a acestora (izolația).

Domeniul tensiunilor la care se pot aplica aceste soluții este cel de până la 110 kV, în mod excepțional 220 kV.

Soluții:

- cu separatoarele montate pe verticală şi un cadru de susținere a barelor de tip T

- cu separatoare cu trei coloane şi deplasarea contactului mobil în planul acestora, separatoare montate orizontal la înălțimea de 7 m, fig.1 Întreruptorul montat sub separatoare pe un postament de 2,5 m înălțime permite renunțarea la împrejmuirea de protecție.
- cu barele colectoare sub formă de funie, montate una sub alta şi suspendate de legăturile dintre separatoarele de bare. Se economiseşte izolația separatoarelor şi permite, în acelaşi pas de celulă plecări în ambele părți ale barelor colectoare (2 circuite diferite) lucru care duce la scurtarea barelor colectoare la jumătate.

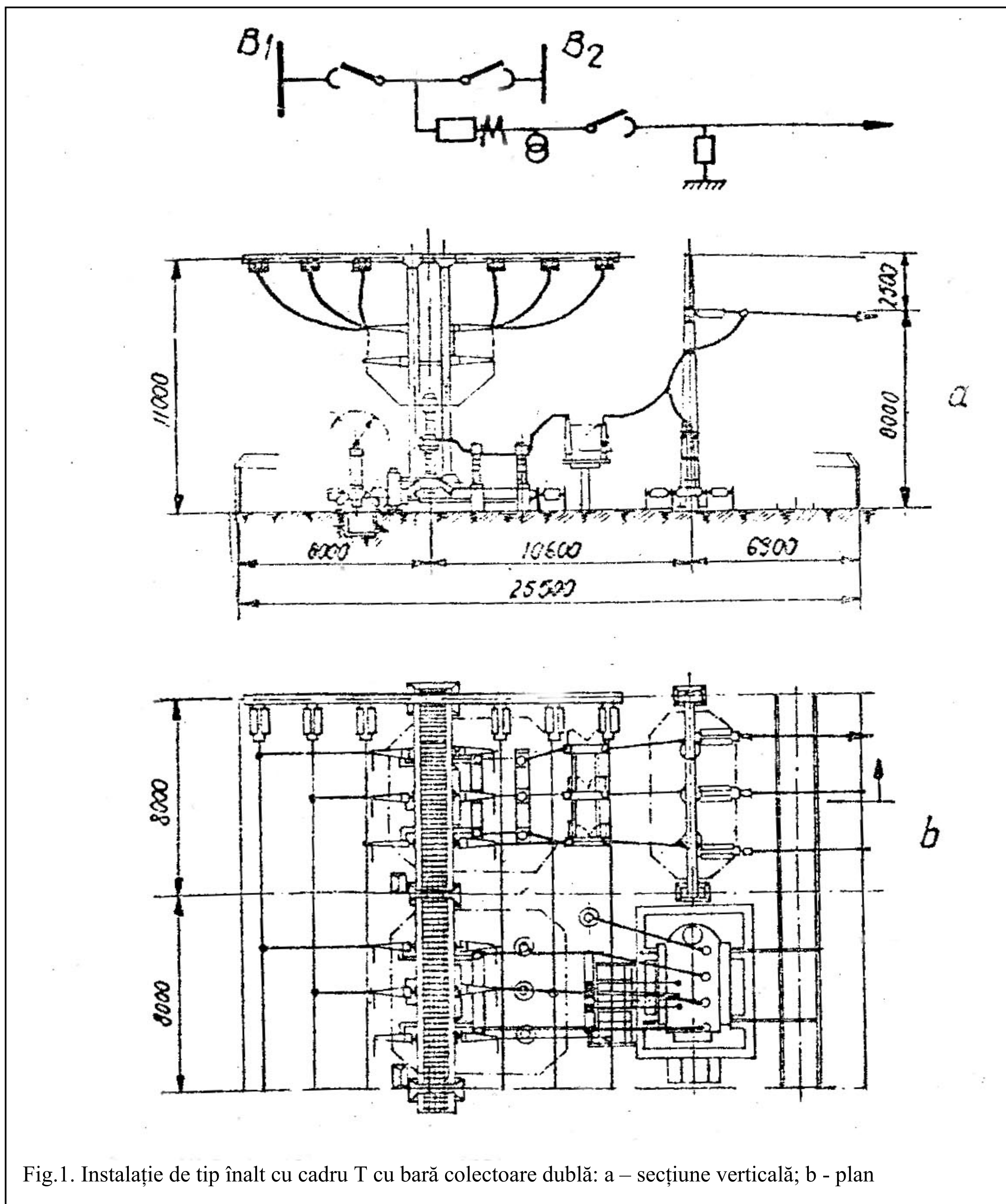


Fig.1. Instalație de tip înalt cu cadru T cu bară colectoare dublă: a – secțiune verticală; b - plan

Instalații de tip semiînalt

Sunt cele mai folosite soluții constructive pentru instalații de distribuție exterioare de înaltă tensiune.

Separatoarele se montează pe suporți înalți de până la 2,5 m iar întreruptoarele şi transformatoarele de măsură se montează pe fundamente joase în special pentru a uşura transportul, manipularea şi exploatarea lor.

Soluții:

- Instalații cu bară colectoare simplă - sunt în special comod de realizat şi rezultă compacte, fără a pune probleme de utilizare a spațiului.
- Instalații cu bară colectoare dublă. După modul de amplasare a separatoarelor de bare şi după tipul acestora, pot fi:
  - cu plecări numai în una din părțile barelor colectoare - duc adesea la folosirea nerațională a suprafeței stației
  - cu una din barele colectoare dublată cu scopul unei mai bune folosiri a suprafeței stației şi a materialului conductor.
  - cu separatoarele amplasate sub barele colectoare paralel cu acestea pe aceeaşi linie sau decalate. Se folosesc separatoare de bare de tipul "cu rotirea contactelor într-un plan perpenticular pe planul izolatoarelor". Soluția se aplică la o gamă largă de tensiuni dar mai frecvent la 110 şi 220 kV. Barele colectoare sunt flexibile suspendate de cadre tip portal sau în T, legătura bare-separator este tot flexibilă. Legăturile de la separatoarele de bare la întreruptor se execută mai frecvent din conductor rigid (bară tubulară de aluminiu) pentru a putea fi sprijinită şi pe izolatorul separatorului. Separatoarele sunt obligatoriu în construcție monofazată.
  - cu separatoarele de bare aşezate în linie sau decalat perpenticular pe barele colectoare. Față de soluția precedentă pasul celulei este mai mic dar se măreşte distanța dintre fazele barei colectoare care de data aceasta sunt conductoare tubulare rigide fixate pe izolatoarele separatoarelor de bare, care de asemenea sunt de construcție monofazată. În acest mod legăturile bară-separator de bară dispar.
  - cu separatoarele de bare aşezate în unghi drept. Aceasta constă în faptul că soluția permite ca într-un pas de celulă să fie amplasate două circuite care pleacă în sensuri opuse. Este singura soluție pe lângă cea cu faze mixte care permite acest lucru fără ca să fie necesară dublarea uneia din bare cum se face în cazul soluțiilor anterioare pentru a folosi mai bine suprafața stației.
  - cu separatoare monocoloană cu barele colectoare aşezate deasupra separatoarelor de bare, ele susținând şi contactele fixe ale acestora. Soluția are avantajul că după deschiderea separatoarelor de bare şi linii celula este accesibilă operațiunilor de exploatare a echipamentelor. Barele colectoare sunt suspendate clasic de cadre de tip portal şi sunt sub formă de conductoare flexibile.
  - cu separatoare monocoloană cu barele colectoare din conductor rigid ce se sprijină pe barele separatoarelor iar legătura separatoare de bare – întreruptor este flexibilă ancorată de cadre corespunzătoare, dar care sunt mai simple decât în soluția anterioară.

- cu faze mixte- sunt cele mai compacte soluții și în același timp cele mai „revoluționare”. Originalitatea lor constă în amplasarea în plan a celor 6 faze a celor două bare colectoare.

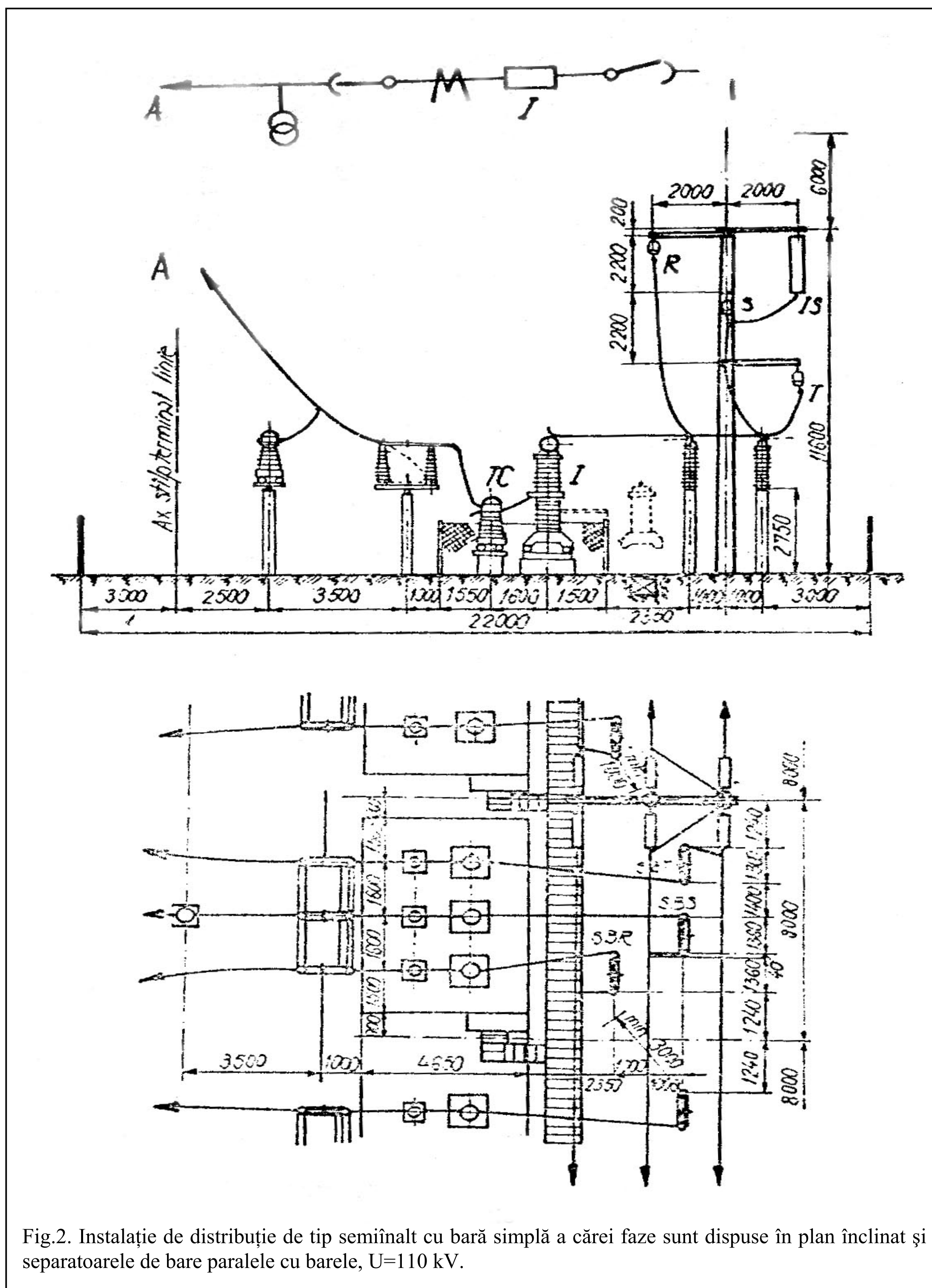


Fig.2. Instalație de distribuție de tip semiînalt cu bară simplă a cărei faze sunt dispuse în plan înclinat și separatoarele de bare paralele cu barele, U=110 kV.

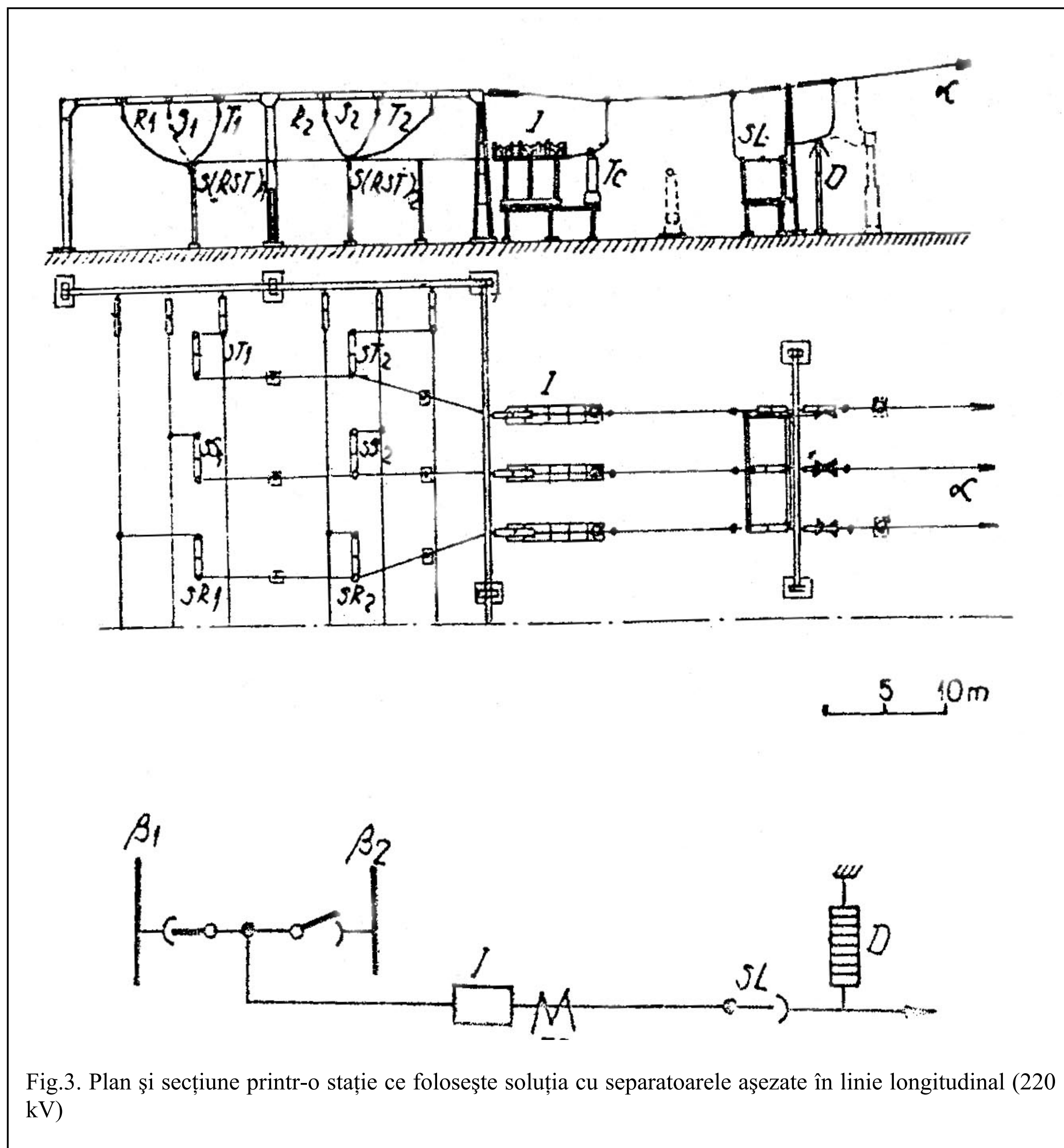


Fig.3. Plan şi secţiune printr-o staţie ce foloseşte soluţia cu separatoarele aşezate în linie longitudinal (220 kV)

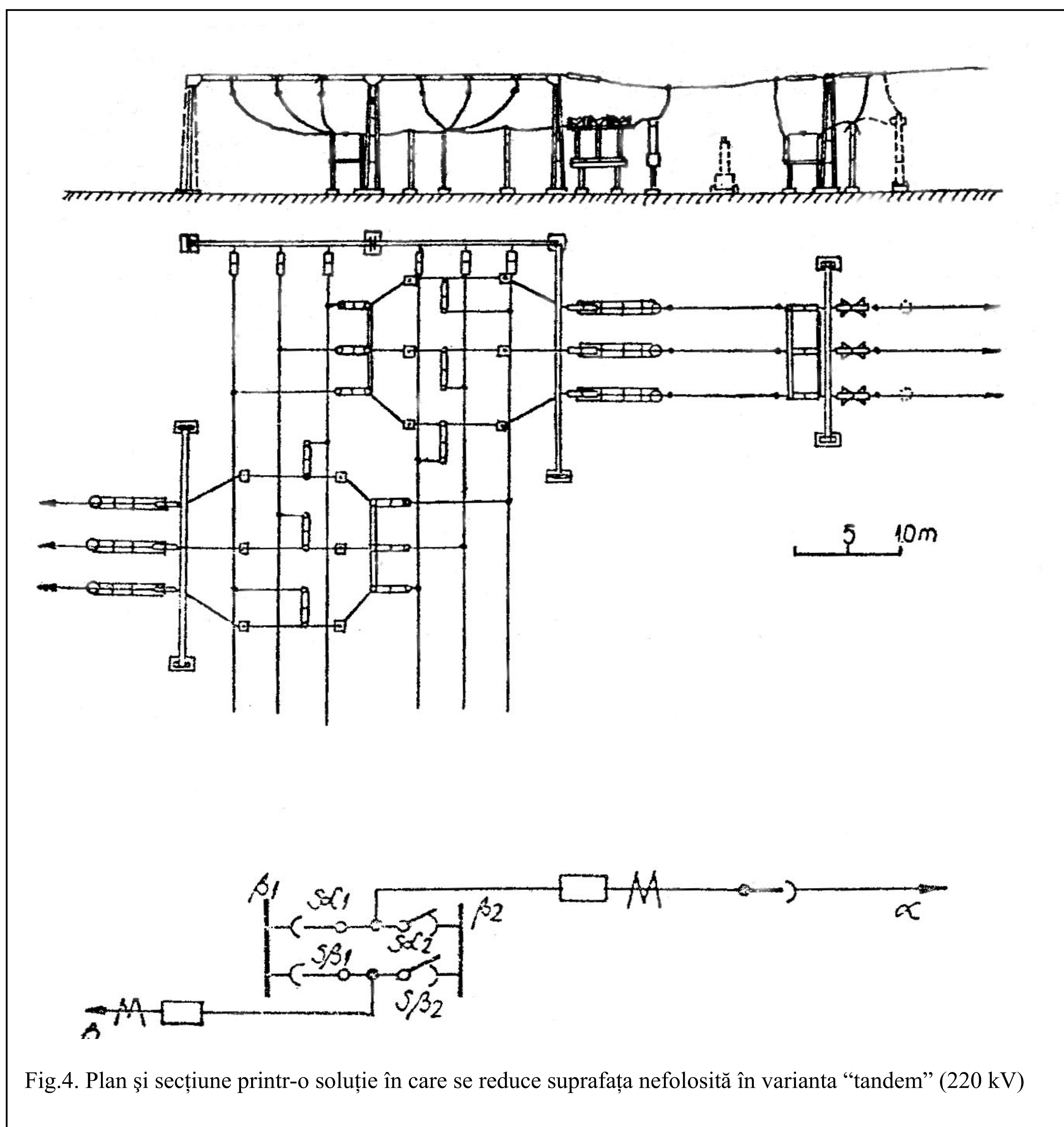


Fig.4. Plan şi secţiune printr-o soluţie în care se reduce suprafaţa nefolosită în varianta "tandem" (220 kV)

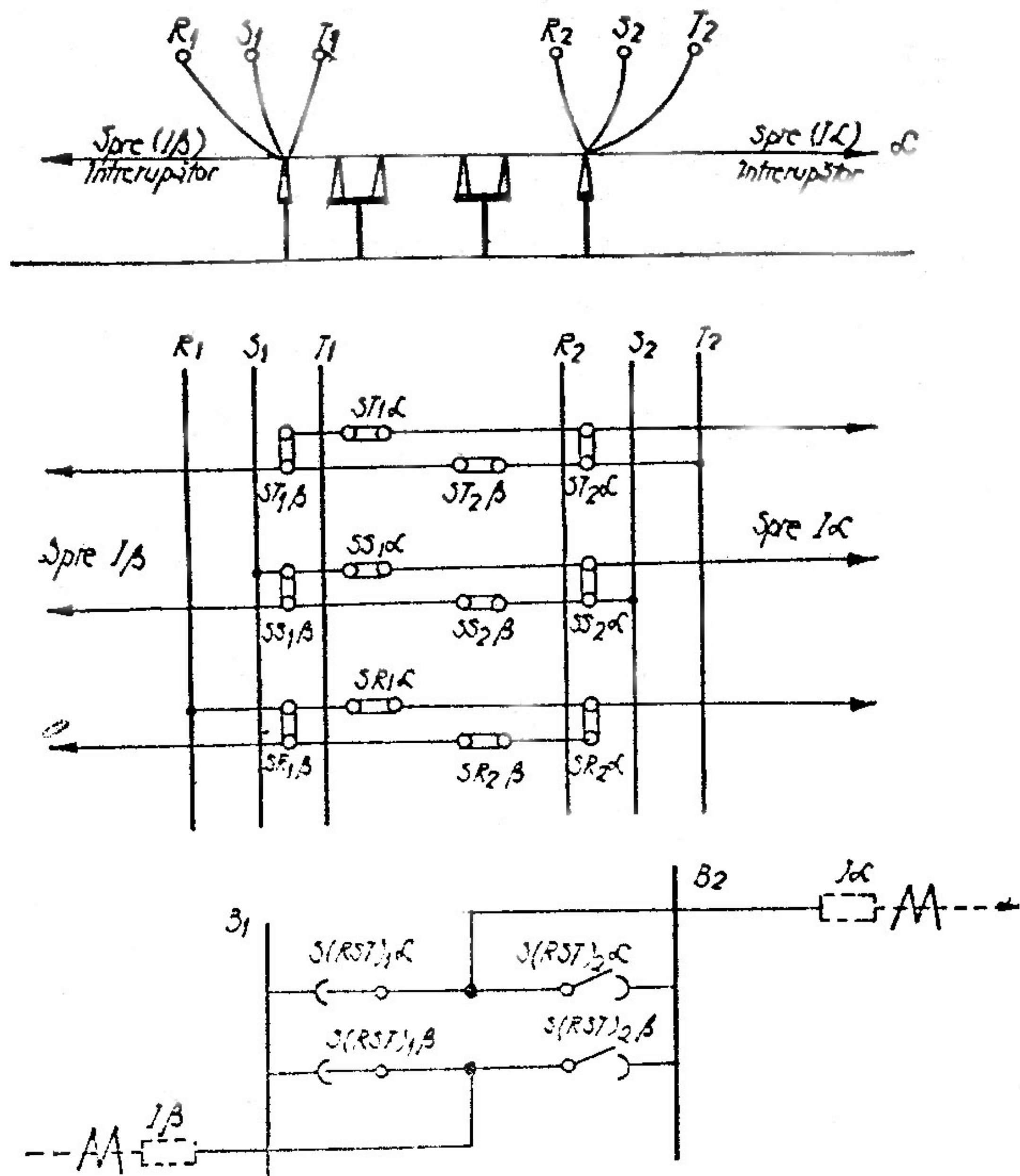


Fig.5. Plan şi secţiune prin două celule într-o instalaţie cu separatoarele de bare aşezate în unghi drept.

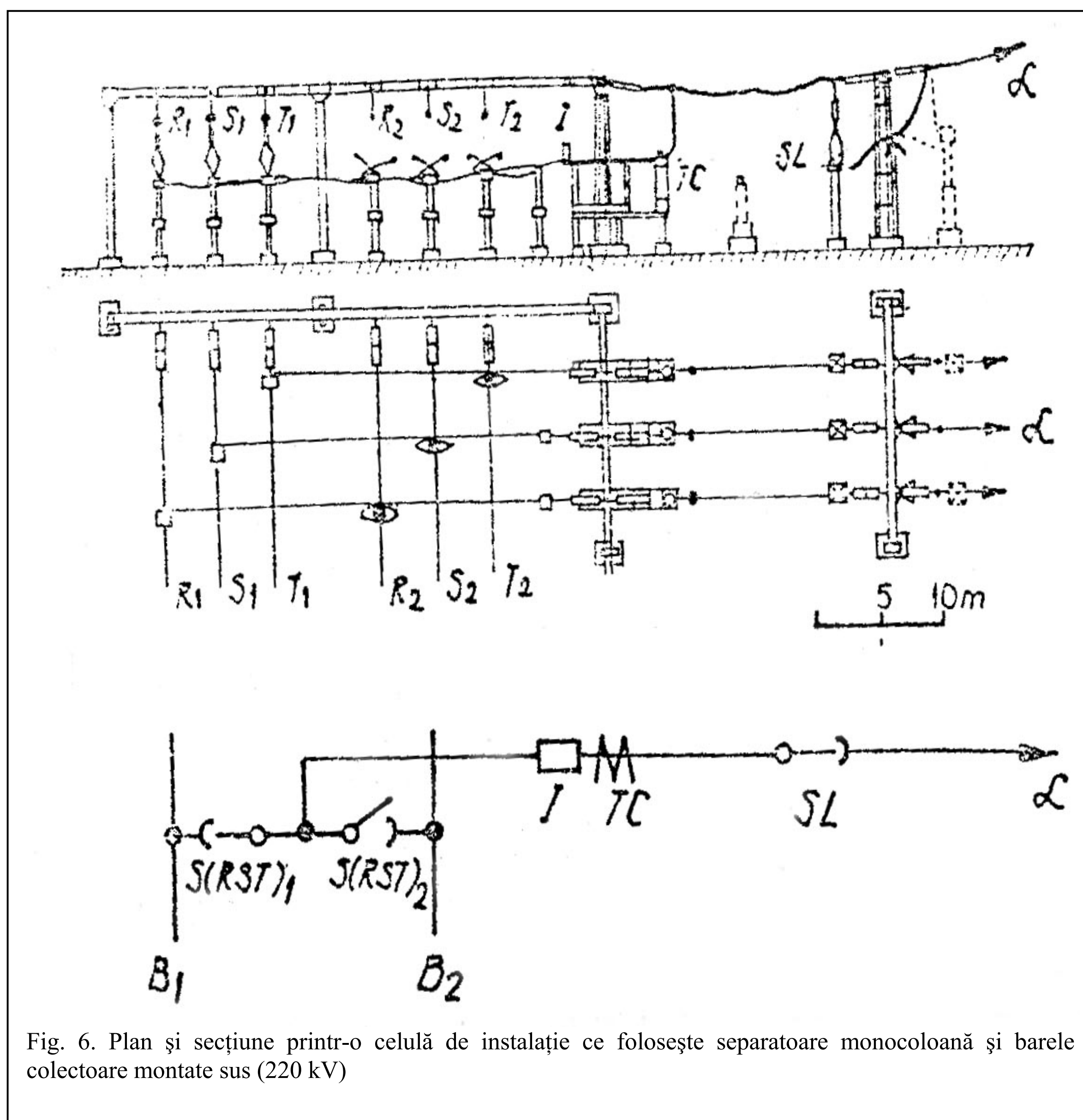


Fig. 6. Plan şi secţiune printr-o celulă de instalaţie ce foloseşte separatoare monocoloană şi barele colectoare montate sus (220 kV)

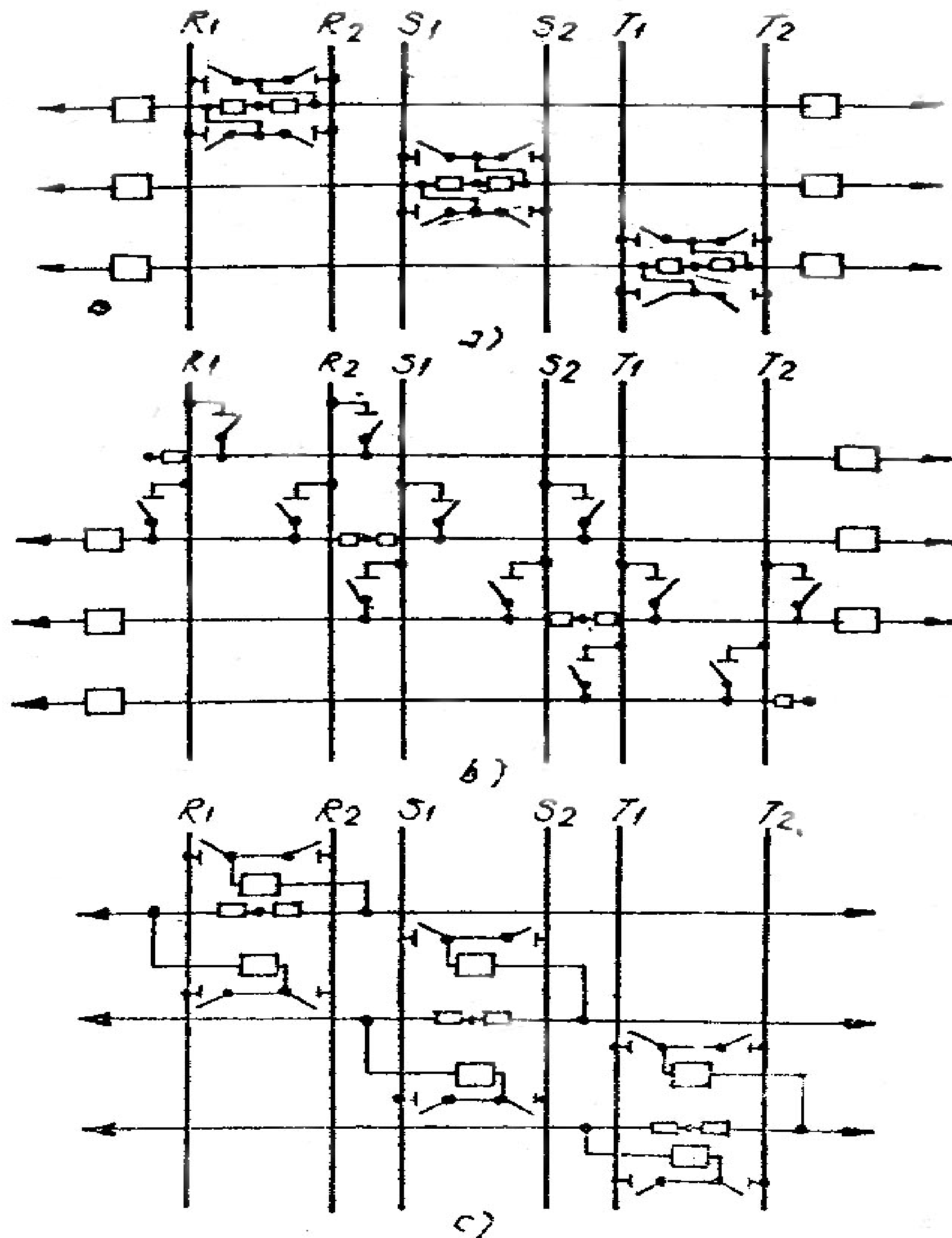


Fig.7. Dispoziția echipamentelor la soluția cu faze mixte: a – mixte propriu-zise; b – mixte decalate; c – mixte separate

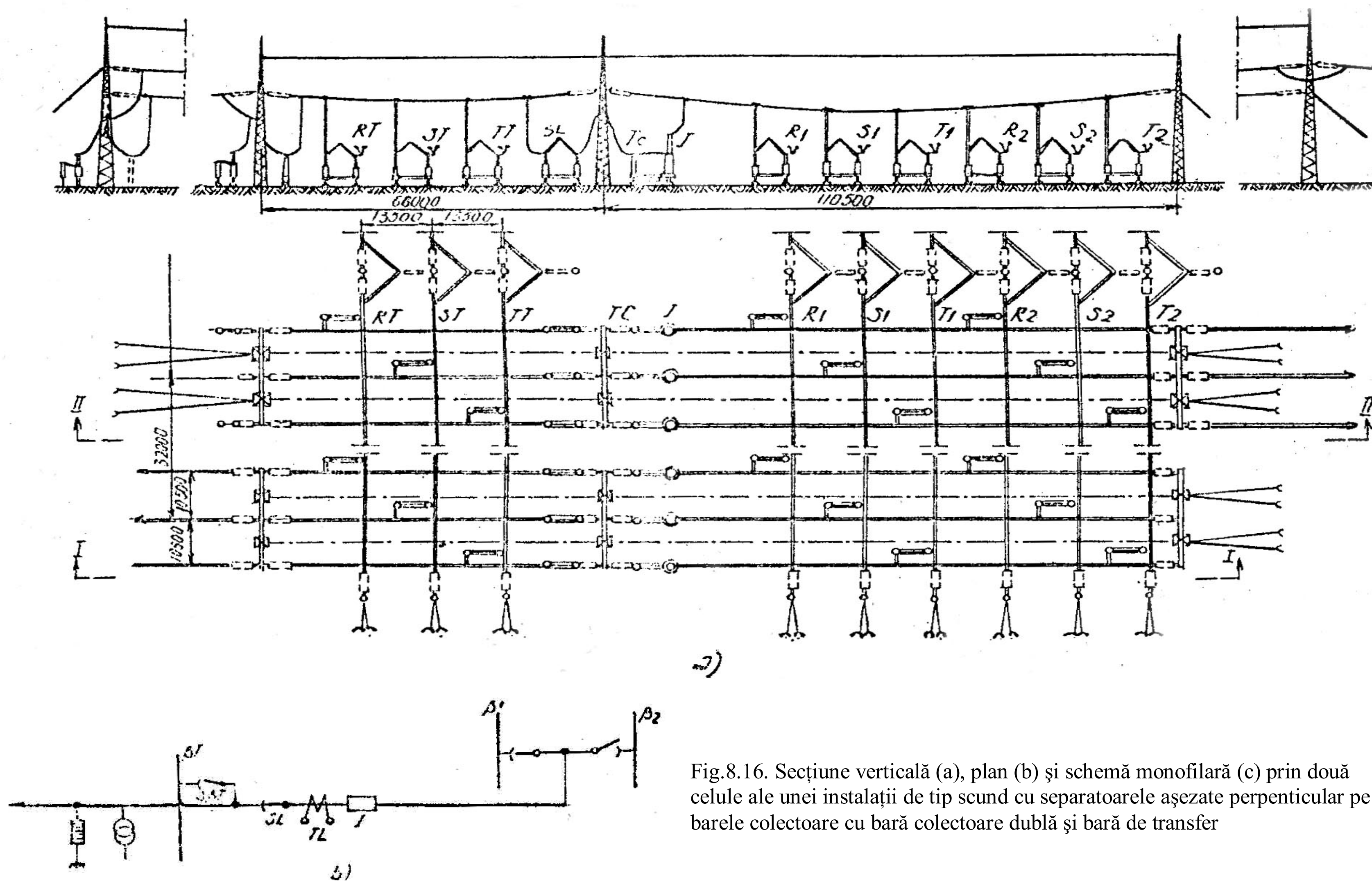


Fig.8.16. Secţiune verticală (a), plan (b) şi schemă monofilară (c) prin două celule ale unei instalaţii de tip scund cu separatoarele aşezate perpenticular pe barele colectoare cu bară colectoare dublă şi bară de transfer

Instalații de tip scund

În aceste instalații separatoarele de bare şi întreruptoarele se montează pe suporți scunzi în apropierea solului, necesitând suprafețe mai mari decât celelalte soluții.

Pornind de la faptul că circuitele de la aceste trepte de tensiune tranzitează puteri relativ mari şi funcționarea lor este importantă pentru sistemul energetic ele sunt controlate în mai toate cazurile de mai mult de un întreruptor pe circuit. Schemele acestor instalații vor fi deci cu 2 sau 1,5 întreruptoare pe circuit sau de tip poligonal.

Instalații cu bare de transfer

În instalațiile la care se racordează multe circuite se foloseşte frecvent schema cu bare de transfer.

Obligatoriu în celulele circuitelor ce se racordează la bare de transfer apare separatorul de linie şi separatorul barei de transfer.

Într-o stație care foloseşte soluții din categoria „tandem" cu o bară colectoare în U pentru plecări în ambele părți ale barei colectoare şi cu toate circuitele racordate şi la bara de transfer, aceasta din urmă, ia de asemenea formă de U şi în stație vom avea deci 5 bare paralele şi două rânduri de întreruptoare care împreună cu căile de acces pot duce la lățimi ale stației de ordinul mai multor sute de metri.

Aceasta face ca la proiectare să se analizeze temeinic necesitatea racordării tuturor circuitelor la bara de transfer pentru a putea renunța la bara de transfer pe una din părți.

Instalațiile de distribuție (conexiuni) prezentate nu se folosesc decât rar singure. Ele se combină pentru a forma stații de sistem sau de centrală împreună cu transformatoarele de forță şi generatoarele centralelor.

Stații de distribuție interioare

Alimentarea cu energie a oraşelor şi centrelor industriale impune, în unele cazuri, rețele de distribuție şi stații de înaltă şi chiar de foarte înaltă tensiune care să aibă o foarte bună fiabilitate, rentabilitate ridicată şi să fie adaptate în mod optim la condițiile impuse de exploatare.

Tensiuni înalte de 60, 72,5 şi 110 kV şi chiar foarte înalte de 220 kV şi uneori 400 kV, devin tot mai des tensiuni de distribuție pentru marile oraşe.

Pe platformele industriale unde se fabrică produse uşor incendiabile sau explozibile, stațiile electrice de înaltă tensiune trebuie să fie obligatoriu realizate în clădiri sau să fie protejate corespunzător față de instalațiile vecine.

Stațiile electrice de tip interior pot fi realizate:

- de tip deschis (prin montarea directă a echipamentului în clădire);
- de tip închis (ce utilizează celule prefabricate capsulate sau blindate).

Elemente caracteristice:

- *Suprafața de teren* ocupată de o stație de interior de tip deschis clasică este cu cel puțin 20-30% mai redusă față de o instalație de tip exterior, pentru aceeaşi schemă principială monofilară; suprafața de teren necesară scade foarte mult dacă stația de tip interior se realizează pe mai multe nivele.

Suprafața de teren ocupată de o stație de interior de tip închis ce se realizează din celule prefabricate capsulate cu mediu izolant aerul la presiune atmosferică, poate fi mult mai

redusă, la aproximativ 25%, în raport cu o stație de tip exterior cu aceeaşi schemă principială monofilară. Aceste celule folosesc obişnuit întreruptoare debroşabile. Dacă stația utilizează celule prefabricate blindate cu mediul izolant SF_6 suprafața de teren necesară poate fi doar de 7%. Volumul necesar unei stații compacte cu SF_6 este foarte mic, față de o stație interioară clasică.

- O stație de tip interior *este obişnuit mai scumpă* ca o stație de tip exterior, în special datorită investițiilor mai mari necesare pentru partea de construcție (clădiri) şi a consumului mai mare de forță de muncă. În zone puternic poluate, este posibil ca o stație de tip interior să fie mai ieftină ca investiție şi exploatare, în raport cu o stație de tip exterior.

- Stațiile electrice interioare de tip deschis, de înaltă şi foarte înaltă tensiune, folosesc obişnuit echipamente electrice clasice cu izolare externă în aer; dispoziția constructivă este caracteristică la stațiile de 110 kV, aparatele electrice pot fi clasice sau speciale, pe când stațiile interioare de tip deschis de tensiune mai mare, sunt de fapt stații de tip exterior acoperite cu construcții uşoare (tablă ondulată pe schelet şi şarpante din profile metalice), având ca scop principal protecția echipamentelor electrice împotriva poluării, ocupă spații mari şi necesită construcții costisitoare. Din aceste motive stațiile electrice interioare de tip deschis se construiesc de obicei până la 110 kV

- Pentru tensiuni superioare se realizează obişnuit stații electrice interioare de tip închis cu echipamente electrice blindate în SF_6.

- La tensiuni înalte între 60 şi 110 kV se pot adopta şi soluții de tip închis (capsulate, cu mediul izolant aerul la presiune atmosferică sau blindate cu mediul izolant SF_6) în funcție de rezultatele calculelor tehnico-economice.

- Transformatoarele de mare putere ale stațiilor interioare, se montează, obişnuit, în aer liber, lângă pereții clădirilor stațiilor interioare.

- Stațiile interioare de tip deschis au dimensiuni mai mici ca ale stațiilor exterioare deoarece între circuitele vecine se folosesc îngrădiri de separație, ceea ce reduce mult pasul celulei (ex. la 110 kV pasul se reduce de la 8-9 m la cca 6 m).

- Stațiile electrice interioare pot avea aceleaşi scheme ale circuitelor primare ca şi stațiile electrice exterioare. Schemele cele mai des folosite la stațiile electrice interioare sunt cu bare colectoare simple sau duble.

- Stațiile electrice interioare de tip închis, în special cele care utilizează echipamente electrice blindate izolate cu SF_6, au o foarte mare fiabilitate şi ca urmare chiar şi la foarte înaltă tensiune pot fi folosite scheme electrice mai simple, cu bare colectoare simple secționate longitudinal, cu bare colectoare simple şi bare de transfer sau cu bare colectoare duble, din care una şi cu funcție de bară de transfer, dacă stația nu are mai multe căi de alimentare din sistem.

- Stațiile interioare pot fi echipate cu întreruptoare obişnuite de tip exterior sau cu întreruptoare speciale pentru interior, ce obişnuit sunt de broşabile.

- Întreruptoarele pot fi montate pe un şir, pe două şiruri sau mai rar pe trei şiruri.

- În stațiile interioare de ÎT de tip deschis cu aparataj clasic, separatoarele monopolare sunt aşezate în mod obişnuit alăturat formând separatorul tripolar.

- În stațiile interioare de foarte înaltă tensiune de tip deschis, separatoarele pot fi amplasate ca şi la stațiile exterioare

- Stațiile electrice interioare de înaltă şi foarte înaltă tensiune pot avea bare colectoare rigide sau flexibile, neizolate sau izolate cu materiale solide, libere sau capsulate (cu mediul de izolație aerul sau SF_6), montate independent sau pe izolatoarele separatoarelor de bare, în formă de I sau U, aşezate într-un plan orizontal sau vertical, etc.

- Transformatoarele de măsură pot fi simple (transformatoare de curent şi transformatoare de tensiune) sau combinate (transformatoare de curent şi de tensiune) separate sau înglobate în izolatoarele de trecere sau în izolatoarele separatoarelor), etc.

Stații interioare de tip deschis (S.I.D.)

Stațiile electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune interioare de tip deschis (clasice) sunt obişnuit folosite pentru tensiuni de 110 kV.

Structurile constructive ale S.D.I. sunt în general de tip hală şi tip etajat. Cel mai frecvent se utilizează soluția tip hală, fără pereți intermediari, deoarece asigură o bună vizibilitate şi deci o bună exploatare. Soluția tip etajat se foloseşte când suprafața de teren disponibilă este redusă.

Dimensiunile celulelor depind de tensiune, schema de conexiuni, gabaritele şi tipurile aparatelor folosite (influența mare având-o tipul separatoarelor).

S.D.I. pot fi echipate cu aparate clasice sau pot fi echipate cu întreruptoare debroşabile.

Stații echipate cu aparate clasice (S.I.D.C.)

În România se construiesc S.D.I. de 110 kV. Soluțiile constructive ale acestor stații corespund la patru perioade distincte.

- Stațiile din generația I au fost concepute înainte de 1840,
- generația II - între 1860-1875,
- generația III - între 1875-1880
- generația IV corespund soluțiilor actuale.

De exemplu, într-o stație de 110/6 kV, *din generația I*:

- instalația de distribuție de 110 kV are două sisteme de bare colectoare, rigide (din care unul în formă de U), aşezate pe izolatori suporți <u>la etajul 3</u>, unde sunt amplasate şi separatoarele de bare şi unde există coridoare de supraveghere separate de părțile sub tensiune prin plase de sârmă de protecție.
- La <u>etajul 2</u> sunt amplasate aparate grele de 110 kV (întreruptoarele şi transformatoarele de curent), dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor aşezate pe două şiruri (în fața celulelor în coridorul central de manevră), izolatoarele pentru păstrarea distanțelor între barele rigide de alimentare a transformatorului de forță, separatorul de linie, transformatoarele de tensiune şi capetele terminale ale cablurilor de 110 kV.
- La <u>etajul 1</u> este amplasată instalația de distribuție de 6 kV (cu două sisteme de bare colectoare rigide aşezate pe izolatori suporți la partea superioară a celulelor de 6 kV), izolatoarele de trecere tip interior-interior de 110 kV pentru alimentarea transformatoarelor de forță de 110/6 kV, canalul de cabluri al cablurilor de circuite secundare şi încăperile pentru personalul de exploatare.
- La <u>parter</u> sunt amplasate pe suporți cablurile de 6 kV, bobinele de reactanță de medie tensiune, izolatoarele de trecere de 6 kV pentru legătura cu transformatoarele de forță şi camera bateriei de acumulatori.
- În <u>dreapta clădirii principale</u>, într-o clădire alăturată sunt amplasate transformatoarele de forță sub care sunt canale cu grătare la partea superioară

pentru colectarea eventualelor pierderi de ulei, pentru ventilație. Legăturile de 6 kV se fac prin bare rigide ca şi la 110 kV.
- La subsol este amplasată instalația de ventilație, pentru răcirea reactoarelor şi a transformatoarelor de forță.

Stațiile din *generația II* față de cele din generația I cu soluții ineficiente au reprezentat un progres treptat prin:
- clădire mai simplă, tip hală fără planşee orizontale;
- realizarea stațiilor de 110 kV şi 6-10 kV în două corpuri de clădire alăturate sau separate;
- pas de celulă de 7 m la utilizarea separatoarelor cu deschidere laterală a cuțitelor sau de 6 m cu căptuşirea cu folii de material izolant a unor porțiuni de pereți şi stâlpi;
- montarea aparatelor grele (întreruptoare şi transformatoare de măsură) la nivelul pardoselii ceea ce uşurează schimbarea acestor aparate şi reduce dimensionarea şi deci costul şi înălțimea clădirii;
- dispunerea pe două şiruri a celulelor pentru legături pe ambele părți ale stației, cu coridor central de manevră şi coridoare laterale de supraveghere la parter şi două sisteme de bare colectoare rigide pe izolatori suporți (unul în formă de U), ceea ce asigură obținerea unei instalații mai compacte;
- pereți despărțitori de înălțime relativ redusă între celulele alăturate, pentru protecția muncii;
- măsuri suplimentare de împiedicare a pătrunderii agenților poluanți exteriori şi evitarea condensării în interior a vaporilor de apă, deci creşterea fiabilității;
- transformatoarele de forță montate în exterior.

Stațiile din *generația III* au adus şi alte ameliorări importante şi anume:
- folosirea separatorului semipantograf, cu deschiderea cuțitului principal în planul izolatoarelor proprii, ceea ce a permis reducerea lățimii celulei la 6 m, o mai bună utilizare a volumului (mai redus), mărirea gradului de prefabricare şi reducerea duratei de execuție a clădirii.

Pentru aceeaşi schemă volumul necesar unei celule este cu 36% mai redus.

Stații echipate cu întreruptoare debroşabile (S.I.D.I.D)

Pentru reducerea necesarului de teren şi de volum, ce sunt cu atât mai mari cu cât tensiunea este mai ridicată, s-a trecut la renunțarea la separatoare de bare, prin folosirea de întreruptoare debroşabile, care au şi avantajele:
- dacă sunt scoase din circuit, asigură separarea vizibilă între părțile instalației rămasă sub tensiune şi cea scoasă de sub tensiune,
- se reduce numărul de aparate necesare instalației (deci spațiul necesar se reduce şi mai mult),
- instalația se simplifică,
- creşte fiabilitatea şi scad investițiile.
- înlocuirea unui întreruptor debroşabil cu unul în rezervă se face foarte repede,
- scad daunele datorate întreruperilor în alimentare,
- se uşurează exploatarea.

Soluția cu întreruptoare debroşabile se foloseşte obişnuit numai la instalații cu bare colectoare simple, deoarece la instalații cu bare colectoare duble cu două întreruptoare pe circuit, soluția este scumpă şi necesarul de teren şi de volum devin prea mari.

Stații interioare de tip închis, (S.I.I.)

Contrar practicii generale din trecut când se utiliza foarte mult echipament de tip exterior pentru stații de distribuție interioare, aparatele şi materialele speciale de tip interior obişnuit cu tensiuni până la 110 kV, au fost dezvoltate, permițând să se amelioreze în special rentabilitatea. Aplicarea tehnologiilor şi tehnicilor moderne, în special izolația cu SF_6, a permis să se crească şi mai mult rentabilitatea stațiilor de distribuție de tip închis.

S.I.I. pot fi realizate în două variante constructive, în funcție de mediul izolant folosit:

- cu aer la presiune atmosferică;

- cu alți izolanți, în special cu SF_6 la presiune mai mare ca cea atmosferică. Aceste instalații se caracterizează prin faptul că celulele sunt realizate obişnuit sub forma unei carcase metalice prefabricate, compacte, care conține tot echipamentul unui circuit, conform schemei principiale monofilare. Dacă izolantul folosit este aerul la presiune atmosferică, celulele se numesc *capsulate* iar dacă este un izolant sub presiune (SF_6) se numesc *blindate*.

Folosirea hexafluorării de sulf ca izolant în instalațiile de înaltă tensiune presupune introducerea unor principii oarecum diferite de cele folosite la alte categorii de instalații şi anume:

- capsularea întregii instalații în carcase metalice etanşe, capsulare care poate fi făcută monofazat sau trifazat;
- compartimentarea în module normalizate interschimbabile.

Capsularea este obligatorie pentru menținerea gazului în zona instalației. Capsularea trifazică duce la economie de spațiu, de materiale şi manoperă iar în plus, câmpurile celor trei faze, compensându-se reciproc, duc la scăderea pierderilor. Capsularea monofazată elimină scurtcircuitele între faze, limitează eforturile electrodinamice între faze, permițând orice aşezare relativă a fazelor.

Compartimentarea se realizează de obicei în module care constituie şi elementele componente ale celulei (întreruptor, separator, etc.) şi care se separă între ele etanş. Aceste module se pot asambla în diferite moduri pentru a se realiza schema monofilară dorită sau pentru a se putea încadra instalația în restricție privind dimensiunile.

Barele colectoare şi căile de curent în general se execută din țevi din cupru sau aluminiu susținute de izolatoare din răşini epoxidice şi capsulate mono sau trifazat.

Întreruptoarele folosite în instalațiile izolate cu SF_6 sunt cu ulei puțin, cu vid sau mai natural cu SF_6.

Separatorul nu mai poate, prin însăşi construcția sa, să separe vizibil părți ale instalației, lucru care face folosirea lui puțin diferită de cea din instalațiile izolate cu aer la presiunea atmosferică. Astfel pentru a se garanta securitatea personalului şi deci pentru a se putea certifica poziția deschis a separatorului se practică următoarele metode:

- se montează separatoare de legare la pământ mai multe decât în celelalte categorii de instalații. Practic se prevede posibilitatea punerii la pământ a tuturor elementelor din instalație care pot fi separate;
- se prevăd ecrane special legate la pământ care se introduc între contactele separatoarelor în poziția deschis a acestora;

Separatorul de legare la pământ este folosit drept element principial de securitate şi pentru şuntarea arcului electric eventual apărut, pentru stingerea lui rapidă şi limitarea efectelor distructive.

Montarea unei instalații cu SF_6 este relativ simplă deoarece constă din amplasarea modulelor ce reprezintă componente ale instalațiilor, module realizate şi încercate individual în fabrică.

În exploatare, esențială este supravegherea continuă a etanşeității şi completarea pierderilor de gaz care se poate face şi automat.

Necesarul de suprafață este considerabil mai mic decât la soluțiile clasice. Față de instalațiile de tip exterior, o instalație cu SF_6 necesită, la 110 kV cca 6% suprafață, la 220 kV cca 4% şi la 380 kV cca 3%. Aceasta face oportună introducerea lor ori de câte ori există suprafață disponibilă limitată (de exemplu la centralele hidro subterane, la extinderea sau modernizarea unor instalații existente, etc.

Securitatea în funcționare este cert mai ridicată decât la soluțiile clasice

Există şi posibilitatea combinării unor module de instalații cu SF_6 cu instalații clasice, situații care pot apărea la extinderi, modernizări sau să fie impuse de restricții de suprafață.

CIRCUITE SECUNDARE DIN STAȚII ELECTRICE

1. Principii, definiții

Circuitele electrice secundare (denumite şi circuite auxiliare sau subsistemul secundar), deservesc circuitele electrice principale (primare) şi se caracterizează prin faptul că nu sunt parcurse de fluxul principal de energie care circulă spre consumatori. Circuitele secundare pot fi împărțite în următoarele grupe corespunzătoare principalelor categorii de funcțiuni:

- comandă
- control
  - informare
    - semnalizare
      - de poziție
      - de avarie
      - preventivă
    - măsură
      - cu aparate indicatoare
      - cu aparate înregistratoare
      - cu aparate integratoare
    - înregistrări diverse (incidente, etc.)
  - blocaj
  - sincronizare
  - protecție prin relee
  - automatizare

Circuitele de comandă (conform definițiilor din PE 111/7) sunt acele circuite care servesc la acționarea voită, de la fața locului sau de la distanță, a diverselor mecanisme aparținând aparatelor de conectare şi de reglaj. Aparatele de conectare sunt aparatele care servesc la închiderea şi deschiderea voită a circuitelor electrice (întreruptoare, separatoare).

Circuitele de control sunt acele circuite care deservesc instalațiile de informare (semnalizare, măsurare, înregistrări diverse), blocaj, sincronizare, protecție prin relee şi automatizare. Instalațiile de blocaj sunt acele instalații care trebuie realizate în scopul evitării manevrelor greşite (blocaje operative), în scopul protejării integrității personalului de exploatare (blocaje de siguranță) şi în scopul protejării instalațiilor tehnologice (blocaje tehnologice).

Principalele aparate ale circuitelor de comandă sunt amplasate în camera de comandă. Camera de comandă este acea încăpere separată, din care se face comanda şi controlul circuitelor primare şi în care este amplasat tabloul de comandă. Tabloul de comandă este ansamblul aparatelor şi dispozitivelor care servesc pentru efectuarea operațiilor de comandă şi pentru informarea operativă (semnalizări şi măsurări) a personalului de deservire asupra unui număr mai mare de circuite primare sau asupra întregii instalații. Aparatele propriu-zise sunt montate pe tablouri numite şi panouri (panouri de comandă, panou de semnalizări centrale, panou de servicii interne, etc.) sau pe pupitre, ansamblul lor formând tabloul de comandă din camera de comandă. Poate exista de asemenea, cameră de supraveghere care este o încăpere separată în care este amplasat tabloul de supraveghere, camera din care nu se pot efectua comenzi de aparate de conectare.

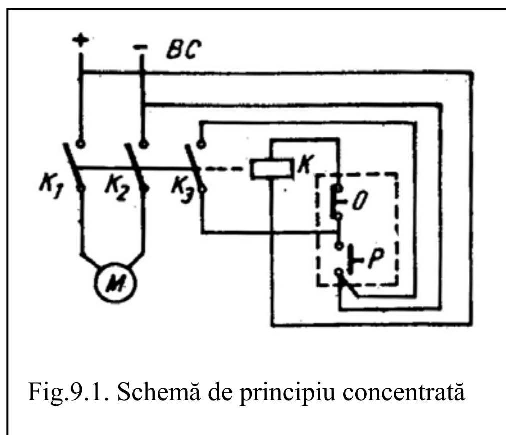


Fig.9.1. Schemă de principiu concentrată

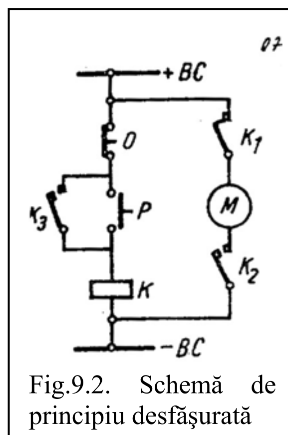


Fig.9.2. Schemă de principiu desfăşurată

Dispunerea instalaţiilor de comandă poate fi centralizată ceea ce corespunde amplasării lor într-o cameră unică sau descentralizată ceea ce corespunde amplasării lor în imediata vecinătate a fiecărei instalaţii (de circuite primare) sau a unui grup de instalaţii.

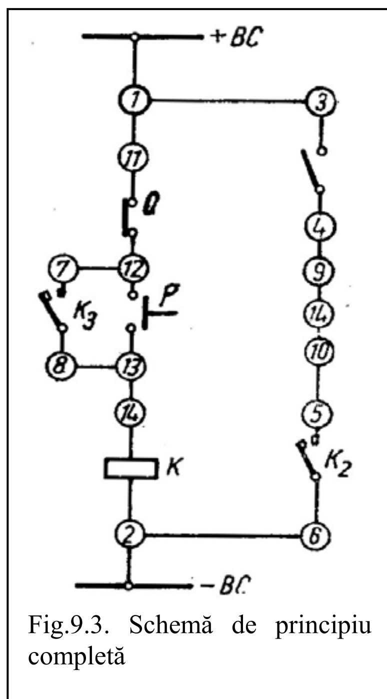


Fig.9.3. Schemă de principiu completă

Proiectarea, execuţia sau exploatarea circuitelor secundare se realizează cu ajutorul schemelor electrice de conexiuni ce sunt desene cu reprezentarea convenţională a diverselor elemente şi a legăturilor lor. Aceste scheme se împart în scheme de principiu şi scheme de montaj. Schemele de principiu pot fi concentrate, desfăşurate (dezvoltate) sau complete (de depanaj). În schemele de principiu concentrate dispozitivele şi aparatele sunt reprezentate compact (exemplu fig.9.1), arătând modul de funcţionare al fiecărui aparat însă reprezentarea este greoaie şi astfel, pentru scheme complexe, atât lectura cât şi reprezentarea sunt foarte dificile. În schemele de principiu desfăşurate, părţile componente ale aparatelor sunt reprezentate în circuitele unde funcţionează (fig.9.2) şi astfel reprezentarea şi lectura sunt foarte simple. Schemele de principiu complete (fig.9.3) sunt realizate în acelaşi mod ca cele de principiu desfăşurate indicându-se în plus numerele bornelor contactelor şi bobinelor, caracteristicile tehnice ale aparatelor, etc. Pe baza lor se realizează schemele de montaj după care se execută circuitele secundare în instalaţii şi care cuprind numai bornele aparatelor, conductoarele de legătură, şirurile de cleme, etc., aşa cum se montează ele în tablouri, pupitre, etc., în camerele de comandă, instalaţiile de distribuţie, etc.

Semnele convenţionale uzuale pentru circuitele secundare sunt date în STAS.

Starea normală (de repaus) a unui întreruptor sau separator este poziţia deschis, la un releu situaţia când bobina sa nu este sub tensiune, la un contact normal deschis poziţia deschis iar la un contact normal închis poziţia închis. În scheme aparatele, contactele, etc. Se reprezintă în starea normală.

2. Tipuri de scheme de circuite secundare

Comanda şi controlul aparatelor poate fi realizată la faţa locului, de la distanţă sau prin telecomandă. Comanda şi controlul la faţa locului se execută din imediata apropiere a aparatelor (de la cutiile de cleme de lângă aparate). Comanda şi controlul la distanţă se realizează prin conductoarele cablurilor de circuite secundare (cu secţiuni de 1,5 mm^2 sau 2,5 mm^2 Cu), la o distanţă limitată de căderile de tensiune din conductoare (deci de câteva sute de metri) din incinta centralei sau staţiei, din camerele de comandă sau cabinele de relee. Comanda şi controlul prin telecomandă (telemecanică) se foloseşte numai pentru distanţe

mari. În stațiile electrice se utilizează foarte mult comanda şi controlul de la distanță a aparatelor de comutație, în special a întreruptoarelor şi separatoarelor.

2.1. Schemele circuitelor secundare de comandă a întreruptoarelor şi separatoarelor

Comanda întreruptoarelor şi separatoarelor poate fi monofazată sau trifazată, directă sau indirectă (în trepte), individuală sau cu preselecție. Cel mai frecvent se utilizează comanda trifazată, directă şi individuală. Caracteristicile schemelor de circuite secundare de comandă sunt funcție, în special, de tipul aparatului şi al dispozitivului de acționare.

2.1.1. Comanda întreruptoarelor

Schema de principiu a circuitelor secundare de comandă a unui întreruptor trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

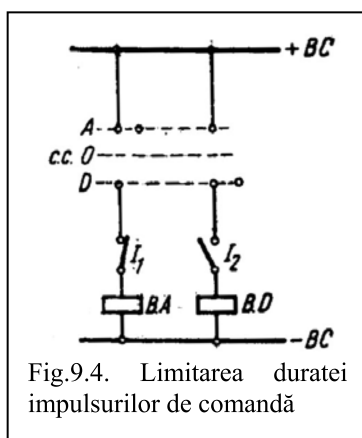


Fig.9.4. Limitarea duratei impulsurilor de comandă

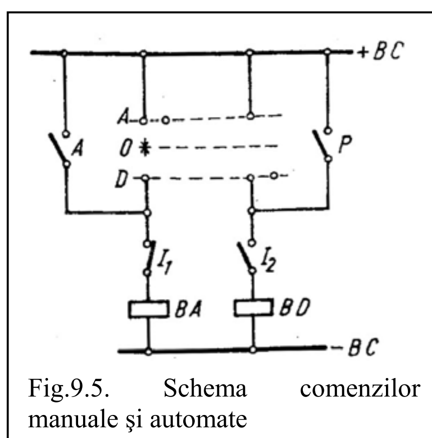


Fig.9.5. Schema comenzilor manuale şi automate

1) Deoarece bobinele de anclanşare şi de declanşare ale dispozitivelor de acționare ale întreruptoarelor sunt calculate pentru un curent de durată limitată, se cere ca impulsul de comandă (anclanşare sau declanşare) să aibă o durată limitată, deci să dureze până la terminarea operației comandate. Pentru aceasta întreruptorul este prevăzut cu contacte auxiliare, acționate mecanic de întreruptor, contacte ce întrerup circuitul de comandă numai după terminarea anclanşării respectiv declanşării întreruptorului(fig.9.4). La comanda manuală de anclanşare prin cheia de comandă (CC) se transmite impuls bobinei de anclanşare (BA) care atunci când întreruptorul anclanşează, prin deschiderea contactului auxiliar (I1) va rămâne nealimentată. Dacă întreruptorul este anclanşat, I2 este închis (I1 este deschis) şi la impuls de declanşare (prin CC), când întreruptorul declanşează, I2 se deschide, întrerupând impulsul la bobina de declanşare (BD).

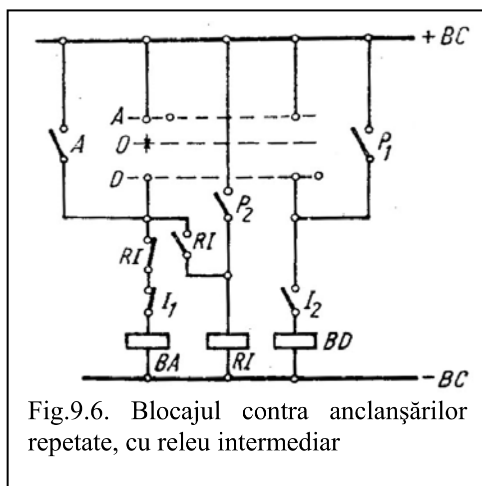


Fig.9.6. Blocajul contra anclanşărilor repetate, cu releu intermediar

2) Schema de comandă trebuie să permită nu numai comanda manuală ci şi comanda automată de declanşare prin protecție şi de declanşare automată (exemplu RAR). Pentru aceasta contactele cheii de comandă sunt dublate de contacte normal deschise ale teşirii instalației de anclanşare automată (A), respectiv ale ieşirii instalației de protecție prin relee (P), conform fig.9.5.

3) Schema de comandă a întreruptorului trebuie să aibă un blocaj împotriva anclanşărilor repetate (numite sărituri), dacă dispozitivul de acţionare nu are un astfel de blocaj.

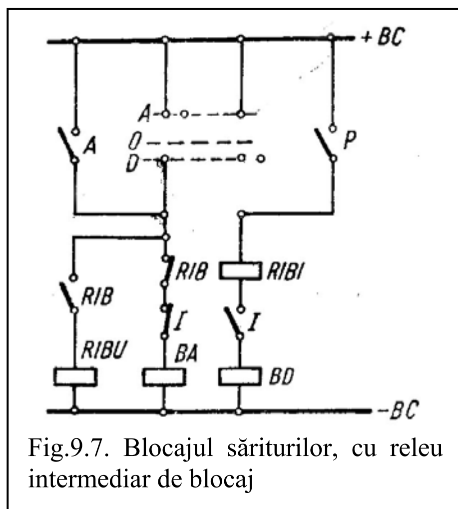


Fig.9.7. Blocajul săriturilor, cu releu intermediar de blocaj

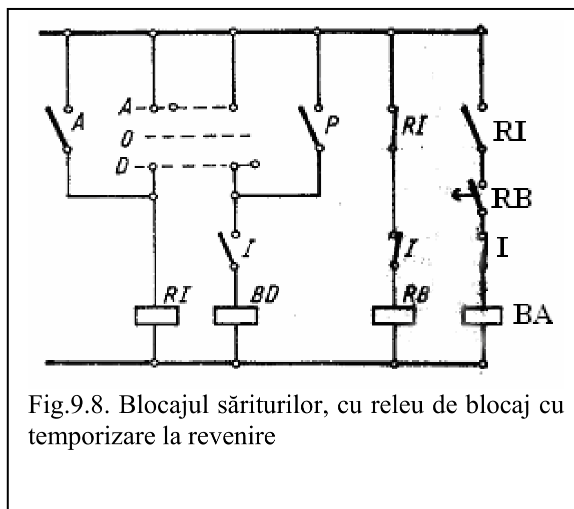


Fig.9.8. Blocajul săriturilor, cu releu de blocaj cu temporizare la revenire

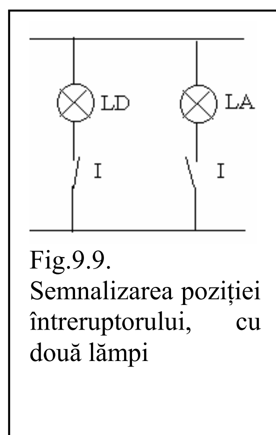


Fig.9.9. Semnalizarea poziţiei întreruptorului, cu două lămpi

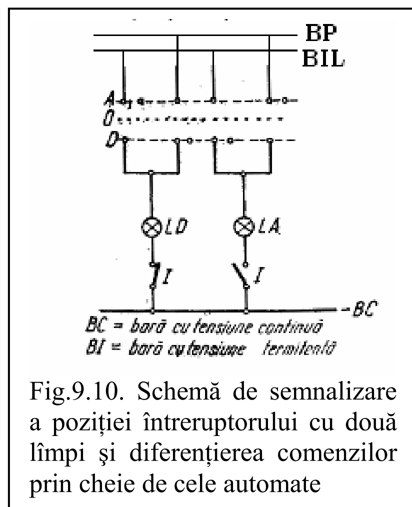


Fig.9.10. Schemă de semnalizare a poziţiei întreruptorului cu două lîmpi şi diferenţierea comenzilor prin cheie de cele automate

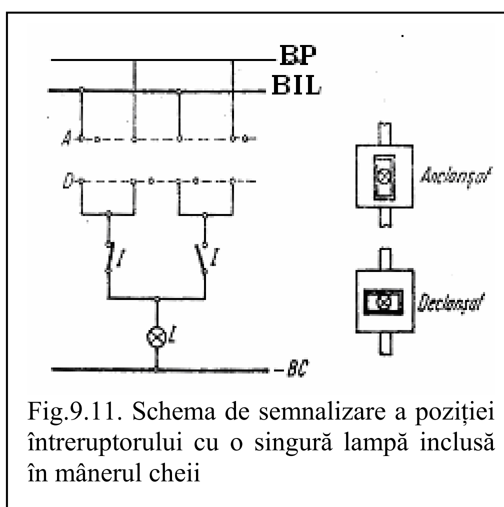


Fig.9.11. Schema de semnalizare a poziţiei întreruptorului cu o singură lampă inclusă în mânerul cheii

Această situaţie apare de exemplu când există un impuls de lungă durată de anclanşare şi simultan acţionează şi protecţia prin relee deoarece întreruptorul se închide pe un scurtcircuit. Sunt diverse soluţii pentru blocajul săriturilor. Astfel (fig.9.6), se poate utiliza un releu intermediar calculat pentru un curent de lungă durată. La impuls de anclanşare de lungă durată (automat sau manual), BA comandă anclanşarea, care dacă se produce pe scurtcircuit, apare un impuls de declanşare prin închiderea contactelor P şi întreruptorul declanşează. Prin închiderea lui P2, este însă excitat RI care-şi închide contactul de autoreţinere (în serie cu A), şi-l deschide pe cel din circuitul BA, deci următorul impuls de anclanşare este blocat. Altă soluţie este cu un releu intermediar de blocaj (RIB) cu două bobine, una derivaţie de tensiune (RIBU) şi alta serie de curent (RIBI), fig.9.7. Releul intermediar de blocaj se excită iniţial prin bobina sa de curent (când s-a închis P) şi apoi se autoreţine prin bobina sa de tensiune (RIBU), blocând impulsul repetat la BA. O altă soluţie pentru blocajul săriturilor este cu un releu de blocaj (RB) cu temporizare la revenire, fig.9.8. Când Întreruptorul este deschis, bobina RB este sub tensiune şi are contactul ei din circuitul BA închis. La comandă de lungă durată de anclanşare RI scoate de sub tensiune bobina RB care-şi deschide temporizat contactul din circuitul BA blocând noi anclanşări. Temporizarea poate fi stabilită pentru a se putea realiza unul sau două cicluri RAR.

4) Schema de comandă a întreruptorului trebuie să aibă în camera de comandă semnalizările poziției acestuia deoarece obişnuit operatorul nu vede întreruptorul. Este necesar să existe semnal diferențiat asupra comutărilor datorate comenzilor voite față de cele prin protecție sau automate (RAR, sau AAR). Dacă comenzile voite pot fi date atât din camera de comandă şi supraveghere cât şi din alte părți ale instalației (cabina de relee, celula întreruptorului) se recomandă să fie de asemenea diferențiate. Semnalizarea poziției întreruptorului se realizează cu ajutorul lămpilor de semnalizare ce se alimentează prin contacte auxiliare ale întreruptorului (bloc contacte) ce se comută solidar cu axa întreruptorului sau cu dispozitivul său de acționare. Culoarea verde semnalizează poziția declanşat iar cea roşie anclanşat. În fig.9.9 este prezentată cea mai simplă schemă ce semnalizează poziția întreruptorului, care însă nu poate diferenția comenzile voite (manuale prin cheie), de cele automate. Pentru diferențierea semnalizării comenzilor voite (prin cheie), de cele automate, se utilizează în prezent curent semnalul pâlpâitor (lampa se stinge şi aprinde periodic) pentru comenzile automate. În fig.9.10 este prezentată o astfel de schemă cu două lămpi şi cheie cu două poziții. Dacă o lampă, de exemplu LD pâlpâie (iar LA s-a stins), se semnalizează operatorului din camera de comandă că întreruptorul din instalație a declanşat, deci cheia a rămas pe poziția anclanşat şi reciproc. Se utilizează în prezent foarte mult semnalizarea poziției întreruptorului şi a comutărilor prin cheie sau automate cu o singură lampă inclusă în mânerul cheii, dacă cheia prin poziția sa indică diferențiat situația de anclanşat de cea de declanşat, fig.9.11. Dacă cheia este în poziție de corespondență cu întreruptorul (de exemplu cheia este în poziție verticală indicând anclanşat şi întreruptorul este închis), lampa arde continuu iar la necorespondență arde intermitent indicând comutările automate.

2.1.2. Comanda separatoarelor

Schemele de comandă ale separatoarelor sunt mult mai simple dar totuşi şi ele trebuie să mențină impulsurile de comandă o durată limitată, până la terminarea operației comandate. Comanda separatoarelor cu dispozitive ASE poate fi dată manual din camera de comandă sau prin butoane din cabina de relee.

2.2. Schemele circuitelor secundare de semnalizare

Semnalizările trebuie să fie optice şi acustice la toate locurile de unde se pot face operații de comandă şi reglaj şi optice la aparatul deservit.

Semnalizările sunt de poziție, de avarie sau preventive. Semnalizarea de poziție a aparatelor trebuie să existe la toate punctele de unde se dă comandă la distanță şi să diferențieze optic pozițiile declanşat şi anclanşat precum şi comenzile manuale de cele automate. Semnalizarea de avarie, optică şi acustică în camera de comandă, anunță declanşarea automată a întreruptoarelor; semnalul acustic este comun tuturor întreruptoarelor (aceeaşi hupă) iar cel optic este individual (la fiecare circuit de comandă), pentru a se identifica întreruptorul ce a declanşat automat. Semnalizarea preventivă avertizează personalul din camera de comandă asupra abaterilor de la regimul normal de funcționare, acustic (sonerie) prin semnalul unic şi optic, individual (casetă de semnalizare), pentru identificarea elementului şi naturii defectului (exemplu presiune scăzută întreruptor, ardere siguranțe, barete comandă, suprasarcină, etc.).

2.3. Schemele circuitelor secundare de măsurare

Partea de măsurare a schemelor de circuite secundare cuprinde măsurarea intensității curentului, tensiunii, puterii active şi reactive şi a energiei electrice active şi reactive.

Intensitatea curentului se măsoară pe toate circuitele cu puteri de peste 40 kW, obişnuit pe o singură fază (cu excepția cazurilor când se poate funcționa timp îndelungat cu sarcini inegale pe faze). Măsurarea tensiunii se face pe toate secțiile de bare colectoare şi pe toate liniile. În majoritatea cazurilor se poate folosi un voltmetru indicator cu un comutator voltmetric care permite şi controlul izolației. Măsurarea puterii active şi a puterii reactive se face prin wattmetre, respectiv varmetre montate pentru toate celulele de transformator şi autotransformator de 220 kV şi 400 kV şi liniile electrice importante. Măsurarea energiei electrice active respectiv reactive se face cu ajutorul contoarelor, pentru determinarea cantității de energie electrică vehiculată prin transformatoare, consumată de serviciile proprii, transportată de linii, etc. Instrucțiunile prevăd pentru fiecare tip de circuit primar, ce aparate de măsură trebuie montate.

2.4. Schemele circuitelor secundare de blocaj

În schemele de circuite secundare se folosesc blocaje operative, de siguranță şi tehnologice. Blocajele operative, pentru evitarea manevrelor greşite, pot fi mecanice, pneumatice, electromecanice sau electrice. Instrucțiunile prevăd condițiile ce se impun la realizarea blocajelor în circuitele elementelor de execuție. Astfel, fig.9.18, separatoarele a_1, a_2 şi a_9 pot fi comandate dacă întreruptorul a_o este deschis (protecția contra manevrării separatoarelor sub sarcină). Dacă întreruptorul a_o este închis, un al doilea separator de bare a_1 sau a_2 din aceeaşi celulă poate fi închis numai când cupla transversală este închisă. După aceasta poate fi deschis unul din cele două separatoare ce au fost închise. Separatorul rămas în poziția "închis" trebuie din nou blocat contra comenzii, când întreruptorul corespunzător este închis (trecerea de pe o bară pe alta sub sarcină). Blocajele de siguranță pot fi mecanice (încuietori mecanice la uşile celulelor ce pot fi sub tensiune), sau electromagnetice (blocând uşile dacă aparatele din celulă sunt cuplate sau dacă în celulă este tensiune). Blocajele tehnologice sunt funcție de condițiile locale de funcționare a instalației (de exemplu pornirea într-o anumită succesiune obligatorie a unor receptoare).

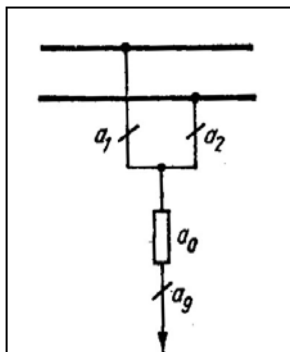


Fig.9.18. Schema circuitului primar a unei celule cu două sisteme de bare şi un singur întreruptor pe circuit

2.5. Schemele circuitelor secundare de sincronizare

Instalațiile brațelor de sincronizare sunt prevăzute cu dublu voltmetru, dublu frecvențmetru şi sincronoscop şi trebuie montate pe toate circuitele ce vor fi puse în paralel. Brațul de sincronizare se alimentează prin comutatoarele de sincronizare şi bloccontactele separatoarelor de la baretele de sincronizare.

**Sisteme integrate de protecție, automatizare,
măsură, control şi supraveghere**

În mod tradițional, echipamentul primar (partea de înaltă tensiune) şi cel secundar (protecția, controlul, măsura şi automatizarea) au fost tratate ca sisteme separate. Interfața între cele două sisteme o reprezintă un număr de conexiuni între echipamentul primar şi cel secundar.

Evoluția integrării reciproce între tehnologiile echipamentelor primare şi secundare din stațiile de transformare, poate fi împărțită în trei etape majore:
- convențională,
- modernă,
- inteligentă.

În prima etapă, tehnologia releelor de protecție şi automatizare electromagnetice a determinat schemele şi legăturile circuitelor secundare într-o stație. Etapa se caracterizează prin:

- existența unui număr mare de echipamente, fiecare dintre ele concepute pentru o aplicație distinctă, interconectate între ele prin fire conductoare în vederea îndeplinirii funcțiilor de protecție, control şi măsură.
- un mare număr de conexiuni între echipamentul primar şi cel secundar aflate în locuri diferite – celula de înaltă sau medie tensiune, respectiv camera de protecție sau cea de comandă.

Progresul realizat în domeniul electronicii digitale face ca astăzi majoritatea funcțiunilor echipamentului secundar să poată fi implementată cu ajutorul modulelor software, care rulează pe o platformă bazată pe calculator. Asemenea unități multifuncționale sunt utilizate atât pentru control, cât şi pentru protecție.

În anii din urmă, se constată tendința de integrare a echipamentului secundar al unei celule într-un singur dispozitiv. Comunicația între nivelul celulei şi cel al stației se realizează prin transmisie de date serială, înlocuind astfel conexiunile individuale tradiționale pentru fiecare semnal.

În ultimul timp, introducerea conexiunii pe fibră optică între echipamentul de protecție şi cel de înaltă tensiune duce la mutarea delimitării tradiționale între secundar şi primar. Funcțiuni de conversie analog-digitală, precum şi unele funcțiuni de preprocesare sunt descentralizate cât mai aproape de proces şi sunt integrate fizic în echipamentul primar.

Funcțiile majore ale subsistemului secundar sunt:

- protecția sistemului împotriva defectelor;
- managementul stărilor anormale în sistem;
- automatizare;
- control local şi de la distanță;
- măsură;
- osciloperturbografie;
- monitorizare echipamente primare;
- analiză automată a datelor.

Toate funcțiunile arătate mai sus trebuie îndeplinite în timp real.

Trebuie remarcat că majoritatea funcţiilor subsistemului secundar sunt localizate la nivelul celulei. Alte funcţii le regăsim la nivelul staţiei, iar unele acoperă atât zona celulei cât şi a staţiei.

Categoria echipamentelor electronice inteligente (EEI) utilizate în staţiile de transformare includ;

- calculatoarele de la nivelul staţiei,
- echipamentele de achiziţie şi comandă,
- controlere programabile,
- relee digitale de protecţie şi automatizare,
- înregistratoare secvenţiale de evenimente,
- osciloperturbografe digitale,
- echipamente de comunicaţie
- concentratoare de date.

Principalele aplicaţii ale EEI aflate în staţii sunt:

- achiziţia şi procesarea datelor relativ la echipamentele electrice ale staţiei,
- transferul datelor către destinaţii interne sau externe staţiei. Aceste transferuri pot avea loc imediat – pentru informaţii de timp real – sau decalat, la cerere, pentru informaţii cum sunt listele de evenimente, istoricul de măsurători etc.
- monitorizarea digitală a echipamentelor electrice,
- protecţia reţelelor şi echipamentelor electrice bazată pe relee digitale.

Pentru a reduce drastic numărul de conexiuni, cu efecte importante asupra costurilor şi fiabilităţii, sistemele de control ale staţiilor viitoare vor trebui să utilizeze pe larg soluţii bazate pe reţele locale (LAN) de mare viteză la nivelul staţiei.

Apariţia echipamentelor digitale de automatizare şi protecţie este un fenomen de actualitate. În mod normal, releele numerice au o interfaţă serială. Sistemele de control ale staţiei, bazate pe microprocesor, prevăd deopotrivă informaţii globale de proces, cât şi legături de comunicaţie. Apare astfel naturală preocuparea pentru conlucrarea între sistemele de protecţie şi cele de control.

Preocupările actuale privind tratarea unitară a protecţiei şi controlului, se pot împărţi în două categorii majore, şi anume:

a) *Sisteme coordonate de protecţie şi de control.* Sistemele de control şi de protecţie îşi păstrează autonomia unele faţă de celelalte, însă prevăd funcţiuni de „colaborare” reciprocă. Într-un asemenea concept, funcţia de protecţie este localizată, în general, în echipamente distincte de cele de comandă/control. Cele două subsisteme comunică însă, transmiţându-şi reciproc informaţii globale, rezultate, în general, în urma prelucrării mărimilor din proces.

b) *Sisteme integrate de protecţie şi control.* Subsistemele de control şi de protecţie sunt concepute ca un tot unitar, utilizând în comun anumite resurse hardware şi software. În acest caz asistăm la o descentralizare foarte puternică a funcţiunilor de comandă, control şi protecţie, elementul cheie în acest concept fiind comunicaţia de mare viteză între modulele componente.

Subsistemul secundar din staţiile moderne se bazează din ce în ce mai mult pe un număr de echipamente digitale multifuncţionale. Tendinţa este de a integra la nivelul celulei în acelaşi echipament, funcţiuni care, istoric, sunt separate – protecţia, controlul, comunicaţia şi măsura.

Într-un sistem inteligent de protecţie, control şi monitorizare echipamentele primare şi cele secundare devin din ce în ce mai strâns legate. La această dată senzorii pentru supravegherea tuturor funcţiunilor importante ale echipamentelor primare şi aceştia devin

parte integrantă din echipament. Datorită acestui fapt, cele mai probabile schimbări pe care le va aduce viitorul apropiat pentru echipamentul primar sunt:

Includerea senzorilor de măsură de curent şi tensiune. Noile tehnologii de realizare a senzorilor de curent şi tensiune reduc foarte mult dimensiunile acestora şi fac posibilă integrarea lor în echipamentul primar. Transmiterea valorilor măsurate se face prin intermediul unor canale de comunicație numerice către subsisteme externe.

Apariția echipamentelor primare inteligente. Includerea senzorilor de măsură şi a capabilităților de prelucrare a datelor în echipamentele primare va provoca transformarea acestora în subsisteme inteligente, capabile să ducă la îndeplinire toate sarcinile de control şi supraveghere. Acest subsistem inteligent este platforma ideală pentru implementarea funcțiunilor de monitorizare şi diagnostic, inclusiv autotestarea echipamentului. Totodată devin posibile noi facilități cum ar fi conectarea/deconectarea sincronizată a întreruptorului la trecerea prin zero a curentului, cu profunde implicații asupra duratei de viață a întreruptorului şi chiar a rețelei prin reducerea nivelului supratensiunilor.

Integrarea. Echipamentele primare şi cele secundare vor deveni mult mai compacte datorită noilor tehnologii de realizare. În cele mai multe cazuri fabricanții de echipamente vor putea asambla şi testa celule complete – inclusiv subsistemul secundar – înainte de expedierea lor la locul de montaj.

Descentralizarea funcțiunilor subsistemului secundar. Ideea principală a sistemelor integrate este de a descentraliza componentele subsistemului secundar ca efect al dezvoltării echipamentelor primare inteligente. Acestea din urmă vor asigura funcțiunile care reclamă informații locale, provenite de la senzorii proprii şi vor colabora, prin intermediul legăturilor de comunicație de mare viteză, pentru realizarea funcțiunilor care necesită informații externe echipamentului.

Reducerea costurilor globale de instalare şi exploatare. Efortul tehnologic de realizare a echipamentelor primare inteligente şi de integrare a funcțiunilor subsistemului secundar este pe deplin răsplătit de reducerea costurilor globale.

Exemple de sisteme integrate ale unor stații moderne

Stațiile izolate cu aer tip I-AIS fabricație ABB sunt prevăzute cu sisteme integrate de comandă-control, protecție şi supraveghere într-o structură arhitecturală ierarhizată, distribuită şi deschisă, fig.9.34.

În această configurație echipamentele modulare şi bazate pe tehnologie modernă sunt distribuite în stație pe următoarele niveluri:

- celulă: cabina de relee;
- stație: camera de comandă a stației.

La nivelul celulelor sunt distribuite echipamente terminale cu funcții specializate, fig.9.35:

- relee de protecție, cu funcțiuni multiple de protecție, de autosupraveghere şi de monitorizare a datelor de avarie;
- echipamente numerice locale de comandă, blocaj, supraveghere, achiziție date şi prelucrarea automată a datelor.

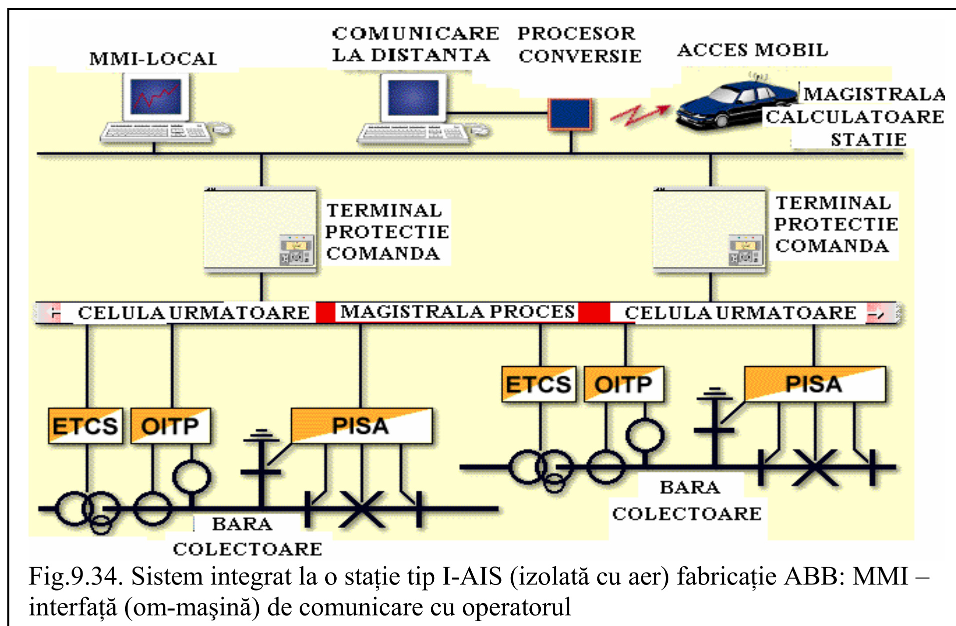


Fig.9.34. Sistem integrat la o stație tip I-AIS (izolată cu aer) fabricație ABB: MMI – interfață (om-mașină) de comunicare cu operatorul

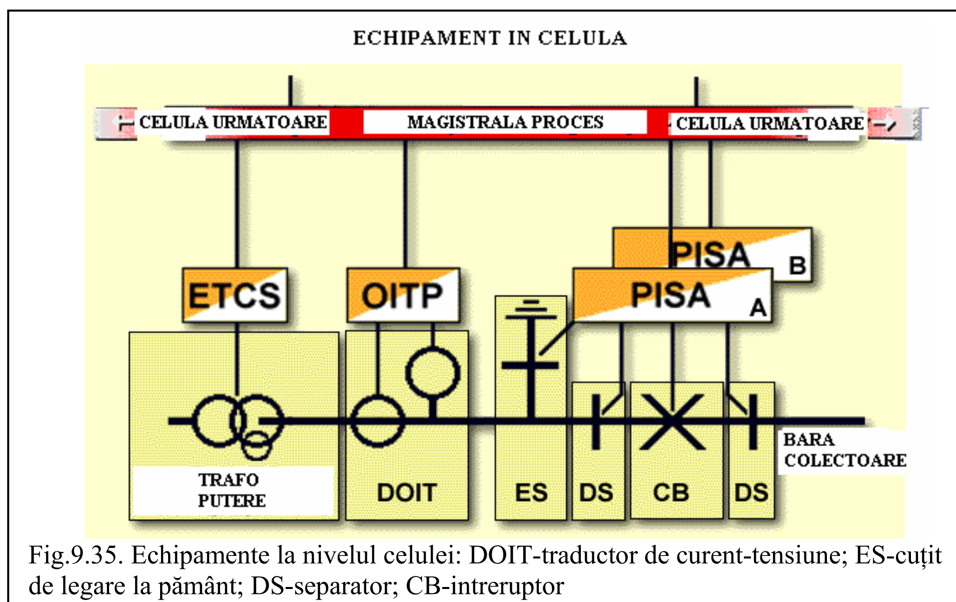


Fig.9.35. Echipamente la nivelul celulei: DOIT-traductor de curent-tensiune; ES-cuțit de legare la pământ; DS-separator; CB-intreruptor

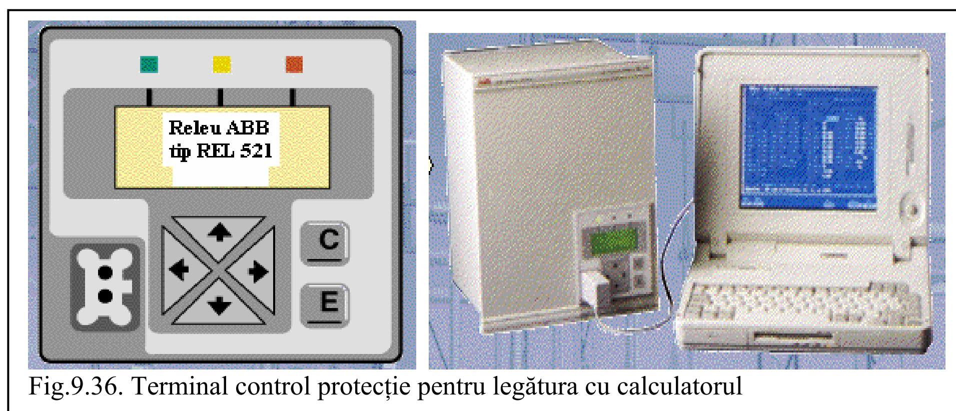


Fig.9.36. Terminal control protecție pentru legătura cu calculatorul

La magistrala de proces din stație sunt conectate mai multe celule. Între magistrala de proces şi cea de calculatoare a stației este prevăzut terminalul protecție comandă, fig.9.36. În

fig.9.37 este prezentat modul de lucru al acestui bloc de comandă-protecție prin succesiunea evenimentelor în cazul unui scurtcircuit pe bara colectoare.

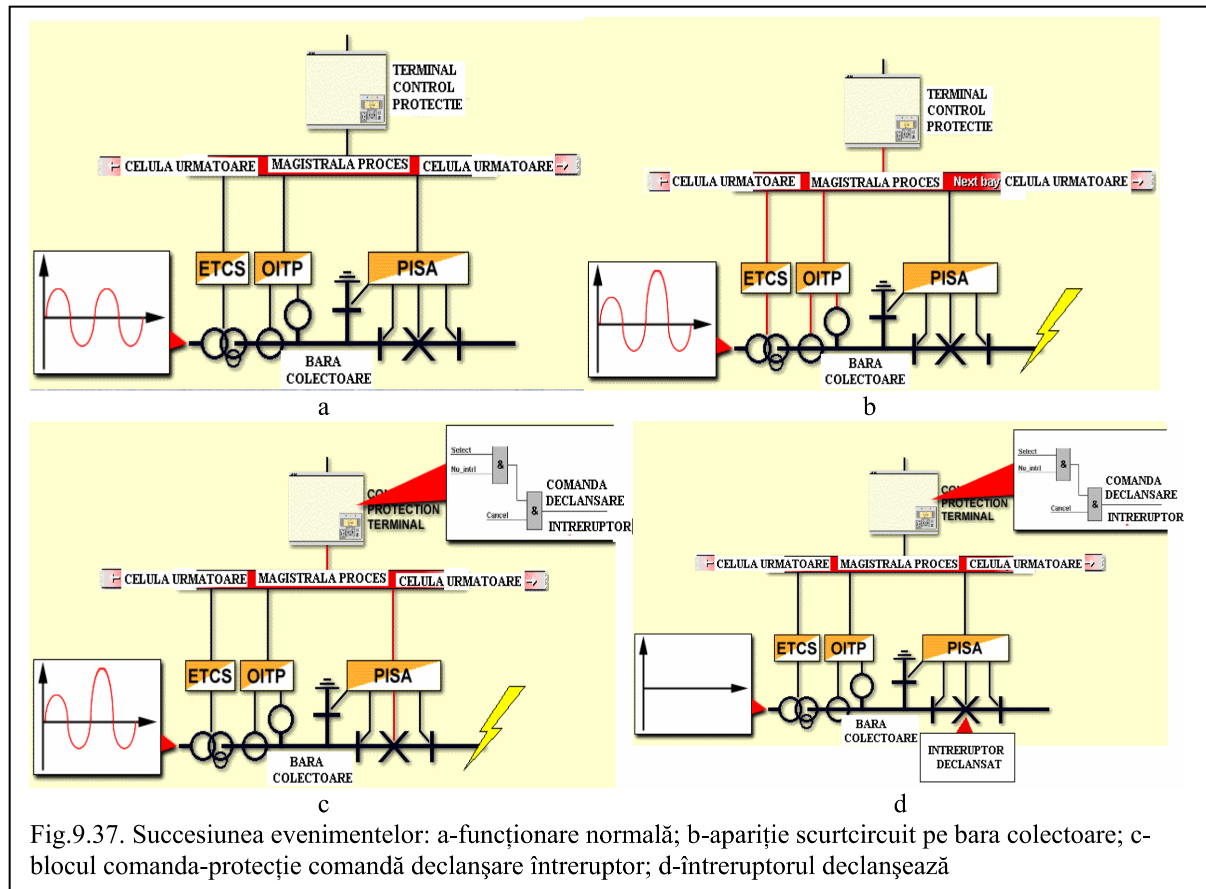


Fig.9.37. Succesiunea evenimentelor: a-funcționare normală; b-apariție scurtcircuit pe bara colectoare; c-blocul comanda-protecție comandă declanșare întreruptor; d-întreruptorul declanșează

La nivelul stației este prevăzută interfață de comunicare cu operatorul (MMI-Local) și un procesor ce asigură servicii de conversie a protocoalelor pentru a permite comunicare cu sistemul mobil de calcul. Pe ecranul monitorului MMI-Local sunt accesibile toate informațiile referitoare la exploatarea stației: schema, valori de stare (masurate in proces), valori de stare

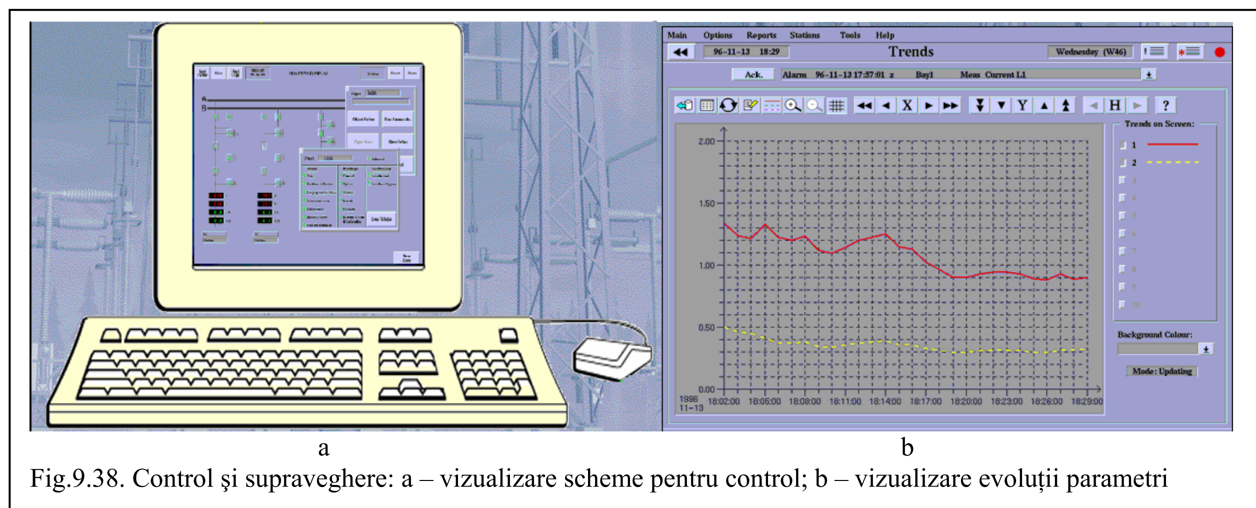


Fig.9.38. Control şi supraveghere: a – vizualizare scheme pentru control; b – vizualizare evoluții parametri

(ex.temperatura uleiului în trafo.), informații de diagnoză și supraveghere, evoluții în timp a datelor, posibilitatea de a executa comenzi, fig.9.38 și 9.39.

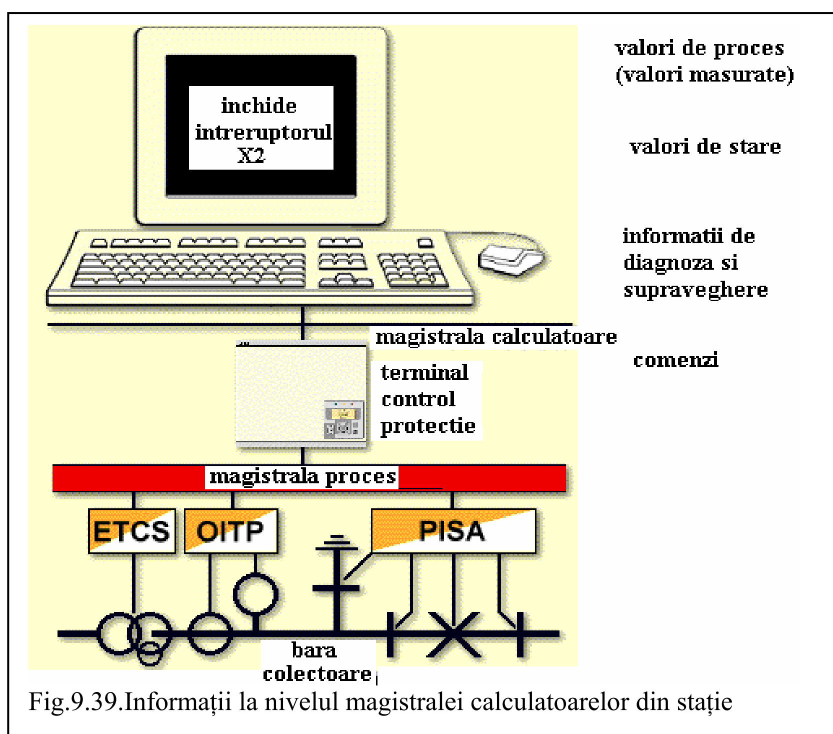


Fig.9.39.Informaţii la nivelul magistralei calculatoarelor din staţie

Transmiterea informaţiilor de la nivelul celulei la cel al staţiei şi a comenzilor către celulă se realizează prin transmisiuni seriale, folosind fibre optice, insensibile la perturbaţii electromagnetice. Prin aceasta se realizează o mare economie de cabluri convenţionale , cu conductoare din cupru. În fig.9.40 sunt arătate traductoarele de curent şi de tensiune, care sunt integrate în modulul compact al întreruptorului, şi transmiterea informaţiilor de la acestea prin fibre optice.

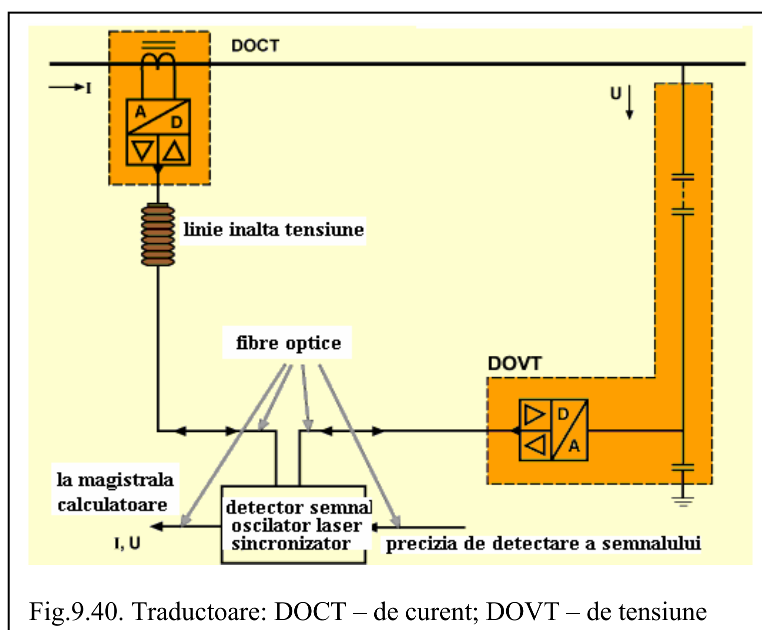


Fig.9.40. Traductoare: DOCT – de curent; DOVT – de tensiune

Erorile de măsură ce apar la o măsură convențională față de o măsură cu traductoare electronice şi transmitere semnal prin fibre optice sunt arătate în fig.9.41. Acestea se evidențiază prin variații ale valorilor instantanee măsurate în regim normal de funcționare şi prin valori mult peste cele reale în cazul unei avarii.

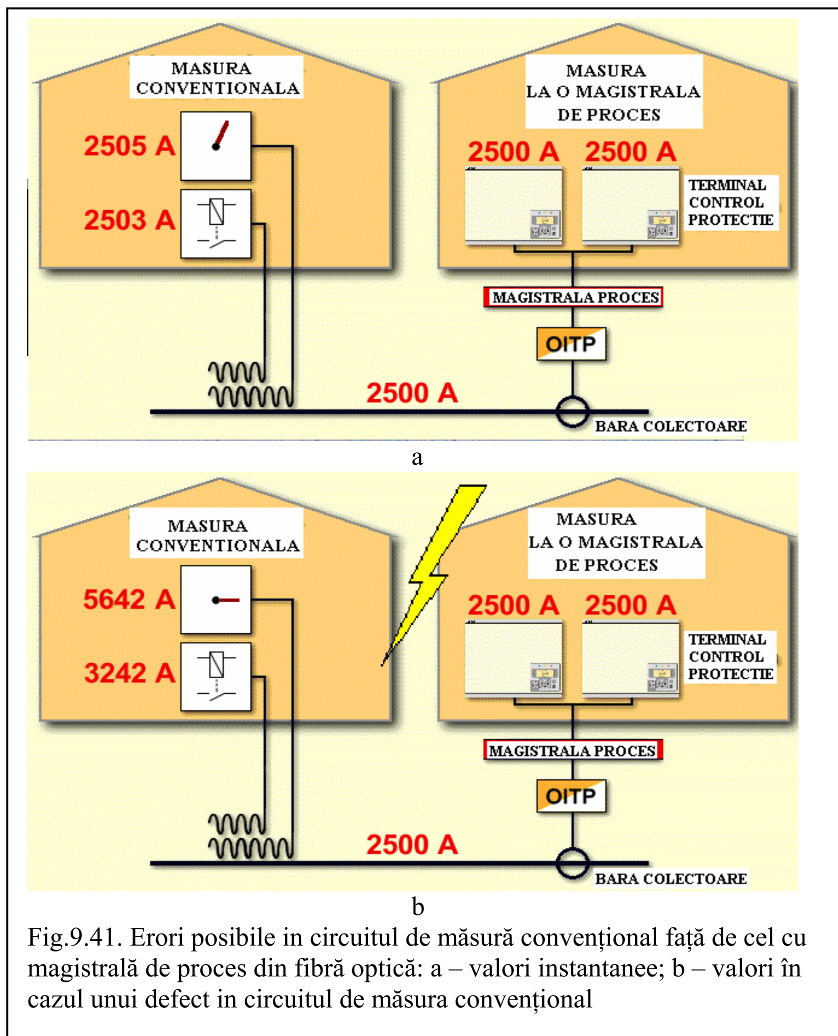


Fig.9.41. Erori posibile in circuitul de măsură convențional față de cel cu magistrală de proces din fibră optică: a – valori instantanee; b – valori în cazul unui defect in circuitul de măsura convențional

ALIMENTAREA SERVICIILOR PRORII ŞI INSTALAȚIILE AUXILIARE DIN STAȚIILE ELECTRICE

Consumatorii de servicii proprii se alimentează în parte în curent alternativ la tensiunea pe 380/220 V (cu excepția unor consumatori, la care din considerente de tehnica securității muncii se impune folosirea unor tensiuni mai mici) şi în parte în curent continuu, tensiunile posibile fiind 24, 48, (60), 110, 220 V.

Consumatorii de servicii proprii care se alimentează în curent alternativ sunt: instalațiile de răcire ale transformatoarelor şi autotransformatoarelor; instalațiile de reglaj ale transformatoarelor şi autotransformatoarelor; instalațiile de încărcare ale bateriei de acumulatoare; instalațiile de ventilație ale bateriei de acumulatoare; dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor şi separatoarelor; instalațiile de aer comprimat; instalațiile de stingere a incendiilor; echipamentul de telecomunicații; instalațiile de iluminat; instalațiile de încălzit pentru asigurarea microclimatului necesar; prize pentru iluminat şi forță; circuitele secundare de curent alternativ (măsurare, protecție, automatizări, etc.).

Consumatorii de servicii proprii în curent continuu sunt: anumite dispozitive de acționare ale întreruptoarelor, separatoarelor, contactoarelor; circuitele secundare de curent continuu (protecții, automatizări, blocaje, semnalizări, telecomandă, telecomunicații, etc.); iluminatul de siguranță; consumatorii care nu permit de loc întreruperi în alimentare.

1. Alimentarea consumatorilor de servicii proprii de curent alternativ

În fig.10.1 se prezintă o variantă de bază de schemă de alimentare a serviciilor proprii. Instalația de distribuție principală cuprinde un sistem simplu de bare secționate. Alimentarea barelor de servicii proprii trebuie să aibă loc de la două surse independente, care pot furniza fiecare întreaga putere cerută de consumatorii de servicii proprii. Cele două surse pot funcționa permanent conectate ca surse normale sau pot funcționa cu o sursă normal deconectată, aceasta având rol de rezervă. În acest caz din urmă trebuie să existe posibilitatea inversării rolurilor celor două surse. Dacă cele două surse sunt permanent conectate, cele două secții de bare pot funcționa fie separat, fie cuplate între ele, în funcție de nivelul curenților de scurtcircuit şi de stabilitatea echipamentului de scurtcircuit. Dacă în mod normal una din surse este conectată, cealaltă este în rezervă, secțiile de bare funcționează cuplat între ele.

Drept surse de alimentare ale serviciilor proprii ale unei stații electrice se pot utiliza:

a) o secție sau un sistem de bare colectoare de medie tensiune din stația electrică respectivă sau de la o centrală sau stație apropiată;
b) o secție sau un sistem de bare colectoare de joasă tensiune pentru distribuție, din stația electrică respectivă sau de la o centrală sau stație apropiată (în acest caz lipseşte TSP evidențiat în fig.10.1);
c) o linie de medie tensiune din zona stației;
d) o înfăşurare terțiară de medie tensiune (10-22 kV) a unui transformator din stație, respectiv a unui autotransformator de interconexiune a rețelelor de 110-220-400kV;
e) în cazuri excepționale una din surse poate fi un grup electrogen.

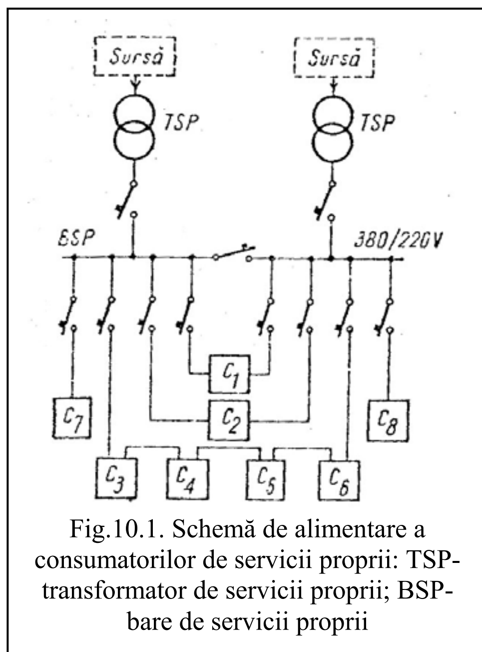


Fig.10.1. Schemă de alimentare a consumatorilor de servicii proprii: TSP-transformator de servicii proprii; BSP-bare de servicii proprii

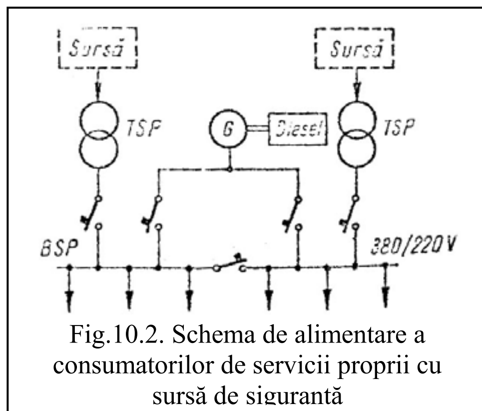


Fig.10.2. Schema de alimentare a consumatorilor de servicii proprii cu sursă de siguranță

Receptoarele serviciilor proprii se clasifică în trei categorii în funcție de durata de întrerupere pe care o admit. Receptoarele din categoria I admit întreruperea în alimentare doar câteva minute, în categoria III intră receptoarele care admit întrerupere pe toată durata unei avarii în circuitele de alimentare ale serviciilor proprii. Receptoarele care nu admit nici un fel de întrerupere în alimentare se racordează la instalația de curent continuu.

Alimentarea celor trei categorii de receptoare are loc astfel:

Categoria I – dublă alimentare de la două secții de bare ale instalației de distribuție principale (C_1, C_2, în fig.10.1);

Categoria II – fie dublă alimentare ca la categoria I, fie alimentarea în bucla de la două secții de bare ale instalației de distribuție principale (C_3, C_4, C_5, C_6), soluția se stabileşte prin calcul tehnico-economic;

Categoria III – simplă alimentare (C_7, C_8).

În stațiile electrice de importanță deosebită se prevede o a treia sursă de alimentare, care este sursă de siguranță şi care de obicei este un grup electrogen (fig.10.2). Asemenea stații sunt cele de 220 kV care sunt noduri de rețea şi stații de 400 kV. Grupul electrogen trebuie să intre în funcțiune în câteva minute la dispariția tensiunii pe barele instalației de distribuție principale şi să fie capabil să preia alimentarea consumatorilor din categoria I şi o parte din consumatorii de categoria II. În cazul existenței a trei surse se poate crea a treia secție de bare , barele de siguranță, pe care se racordează consumatorii a căror alimentare trebuie preluată de sursa de siguranță în cazul căderii surselor normale şi de rezervă.

La stațiile electrice de mică importanță, la care sunt îndeplinite anumite condiții precizate în normative, serviciile proprii se pot alimenta de la o singură sursă sau de la două surse, care nu sunt însă independente. În acest caz instalația principală de distribuție poate fi cu simplu sistem de bare nesecționat.

2. Alimentarea consumatorilor de servicii proprii de curent continuu

Pentru alimentarea consumatorilor de curent continuu, pe lângă redresoarele racordate la barele de servicii proprii de curent alternativ, se prevede şi o sursă independentă, baterie de acumulatoare.

Bateria de acumulatoare satisface următoarele scopuri: alimentarea receptoarelor, a căror alimentare nu trebuie să fie întreruptă nici un moment; alimentarea receptoarelor de servicii proprii la dispariția tensiunii alternative; preluarea consumurilor mari şi de scurtă durată, de ordinul secundelor (conectarea unor bobine de acționare ale aparatelor de comutare), când alimentarea numai de la redresoare sau convertizoare ar duce la variații mari ale tensiunii de alimentare.

Centralele electrice dispun de mai multe baterii de acumulatoare, de lucru şi de rezervă, stațiile electrice sunt prevăzute cu o singură baterie de lucru.

2.1. Schema de alimentare a consumatorilor

Instalația de distribuție principală în curent continuu este formată, de regulă, din sistem simplu de bare colectoare secționat în două secții printr-o cuplă longitudinală (fig.10.7). Pe secția I de bare sunt racordate bateria de acumulatoare şi sursa de încărcare permanentă, iar pe secția II de bare se leagă o sursă de încărcare ocazională. De regulă, cele două secții funcționează în permanență cuplate, dar alimentarea consumatorilor se face normal de la secția I de bare. Deschiderea cuplei în exploatare se face pentru perioade scurte de timp, în vederea separării galvanice a unor consumatori pentru căutarea punerilor la pământ sau în scop de efectuare a unor revizii, reparații. Alimentarea consumatorilor poate fi simplă (C_1, C_2 în fig.10.7), dublă (C_3, C_4) sau în buclă (C_5, C_6, C_7). Modul de alimentare depinde de importanța consumatorului. În cazul reparațiilor la bateria de acumulatoare sau la secția I de bare, consumatorii cu dublă alimentare şi cu alimentare în buclă se alimentează de la surse de încărcare ocazională prin secția II de bare. De aici rezultă că sursa de încărcare ocazională trebuie să suporte şi consumurile de scurtă durată (de şoc) cu respectarea limitelor admisibile pentru scăderile de tensiune.

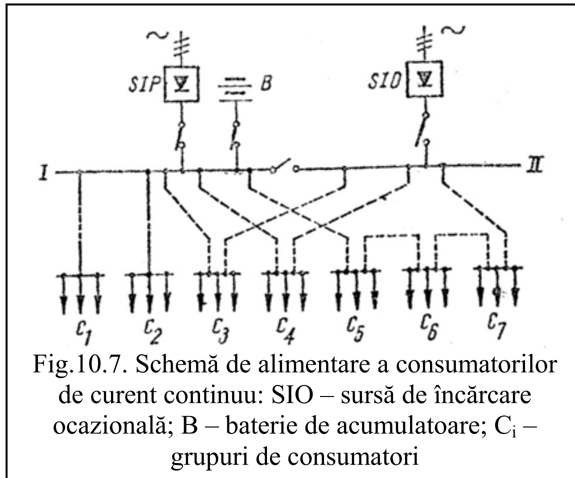


Fig.10.7. Schemă de alimentare a consumatorilor de curent continuu: SIO – sursă de încărcare ocazională; B – baterie de acumulatoare; C_i – grupuri de consumatori

2.2. Bateria de acumulatoare

În stațiile electrice se utilizează baterii de acumulatoare acide cu plumb şi acumulatoare alcaline. Cele mai răspândite sunt acumulatoarele acide (fig.10.8), de tip staționar, care au un randament mai mare decât acumulatoarele alcaline, necesită un număr de elemente mai redus, având o tensiune mai ridicată pe element, cu o variație relativă a tensiunii la încărcare şi descărcare mai mică şi un cost mai redus.

Capacitatea acumulatorului reprezintă cantitatea de electricitate (în amperore) pe care o poate debita un acumulator încărcat, dacă este descărcat până la tensiunea minimă admisă. Aceasta depinde de curentul de descărcare (deci de timpul cât durează descărcarea), fiind cu atât mai mică cu cât curentul de descărcare este mai mare (deci timpul de descărcare este mai mic).

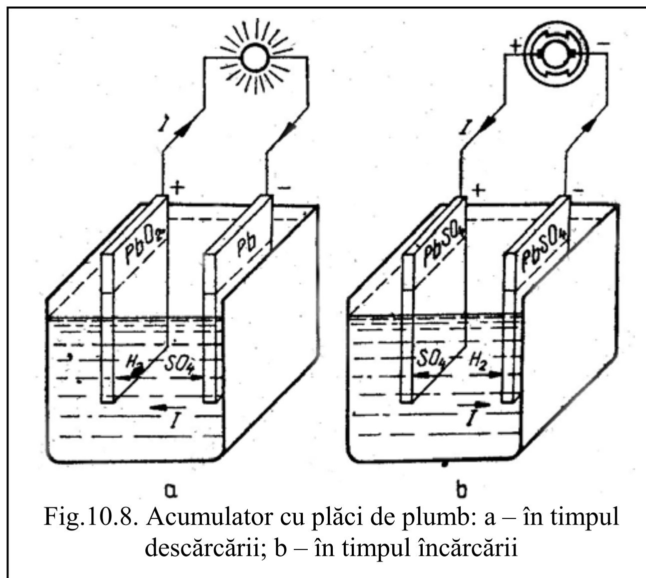


Fig.10.8. Acumulator cu plăci de plumb: a – în timpul descărcării; b – în timpul încărcării

Sursele de încărcare a bateriilor de acumulatoare din stațiile electrice şi posturile de transformare sunt formate din convertizoare rotative sau redresoare statice.

Grupurile convertizoare sunt alcătuite dintr-un motor asincron trifazat, alimentat de la barele serviciilor interne şi dintr-un generator de curent continuu cu excitația în derivație. Tensiunea generatorului poate fi variată între limite largi, cu ajutorul unui reostat legat în circuitul său de excitație.

Redresoarele se pot folosi pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare, în special ca surse de încărcare permanentă în funcționare continuă.

Rețelele de servicii proprii în curent continuu ale stațiilor electrice sunt în general complet izolate față de pământ. Aparatele de comutare şi de protecție se montează pe ambele conductoare ale circuitelor. Protecția circuitelor se realizează, de regulă, prin siguranțe fuzibile sau automate de protecție cu funcționare sigură.

În regim normal bateria de acumulatoare este conectată în paralel cu sursa de încărcare permanentă. Această sursă alimentează consumatorii de curent continuu şi în acelaşi timp furnizează bateriei un curent de încărcare permanentă, prin care se compensează autodescărcarea acesteia.

3. Instalații de aer comprimat din stațiile electrice

În stațiile electrice aerul comprimat este utilizat pentru acționarea întreruptoarelor şi separatoarelor, pentru comenzi la distanță şi automatizări, iar uneori şi pentru stingerea arcului electric din întreruptoare. Când aerul comprimat nu se utilizează pentru stingerea arcului electric din întreruptoare, instalațiile sunt cu consum mic de aer. În acest caz, presiunea de producere şi de acumulare a aerului comprimat este de cca.10 bar, iar presiunea de utilizare este de 4,5 bar. Când aerul comprimat serveşte şi la stingerea arcului electric din întreruptor, instalațiile sunt cu consum mare de aer, presiunea de producere şi acumulare este de 25-40 bar, iar cea de utilizare 12-20 bar.

Componentele principale ale instalațiilor de aer comprimat sunt compresoarele, recipienții de acumulare, reductoarele de presiune şi conductele.

O stație electrică trebuie să aibă în stare de funcționare cel puțin două compresoare, fiecare în parte trebuie să fie capabil să asigure consumul teoretic total al stației.

4. Instalații de legare la pământ

O instalație de legare la pământ este formată din prize de pământ (elemente metalice în contact direct cu solul) şi rețeaua de legătură între priză şi componentele instalațiilor electrice care trebuie legate la pământ.

Instalațiile de legare la pământ se pot împărți în următoarele categorii:

a) instalații de legare la pământ de protecție împotriva electrocutărilor;
b) instalații de legare la pământ de exploatare (destinate legării la pământ a unor elemente ce fac parte din circuitele curenților normali de lucru);
c) instalații de legare la pământ de protecție împotriva supratensiunilor (atmosferice sau de comutație);
d) instalații de legare la pământ folosite în comun (destinate atât pentru scopuri de protecție cât şi pentru scopuri de exploatare).

Elementele conductoare ce pot fi puse accidental sub tensiune dar nu fac parte din circuitele curenților de lucru, trebuie legate la pământ (carcasele echipamentelor instalațiilor electrice, elemente de susținere, îngrădirile de protecție, etc.).

Obişnuit se realizează o rețea generală de legare la pământ, obținută prin legarea între ele a tuturor instalațiilor de legare la pământ din incintă.

Instalația de paratrăsnet trebuie să aibă obişnuit conductoare separate de legare la pământ față de celelalte categorii de instalații.

Prizele de exploatare sunt realizate cu electrozi special protejați împotriva corodării, deoarece sunt străbătute de curenți de lucru în permanență.

O priză de pământ poate fi naturală şi/sau artificială. Prizele de pământ naturale sunt formate din conductele metalice pentru fluide necombustibile, fundațiile metalice, cămăşile metalice ale cablurilor, etc. Prizele artificiale se realizează când priza de pământ naturală are o rezistență de dispersie mai mare ca rezistența de dispersie maximă admisă şi sunt formate din benzi metalice îngropate la diverse adâncimi la care dacă este nevoie se leagă prin sudură şi alte elemente metalice (ce pot fi țevi verticale).

Conform STAS terminologia utilizată are următoarele definiții:

- instalație de legare la pământ – ansamblul de conductoare, electrozi şi alte piese, prin care se realizează o legare la pământ;
- priză de pământ – ansamblul de elemente conductive în contact cu pământul, caracterizat prin rezistența sa de dispersie în sol;
- rețea generală de legare la pământ – rețea care cuprinde totalitatea instalațiilor de legare la pământ dintr-o incintă sau platformă industrială;
- legare la pământ de exploatare – legare la pământ a unui punct (element) făcând parte din circuitele curenților de lucru;
- legare la pământ de protecție – legare la pământ a elementelor conductive care în funcționare normală nu sunt sub tensiune dar care pot intra accidental sub tensiune, pentru realizarea protecției împotriva electrocutării prin atingere indirectă;
- rezistență de dispersie a unei prize de pământ (R_p sau r_p) mărime caracteristică pentru priza de pământ reprezentând raportul dintre tensiunea prizei de pământ (U_p) şi curentul de punere la pământ prin priză (I_p): $R_p=U_p/I_p$;
- tensiunea de atingere (U_a sau u_a) – parte din tensiunea unei instalații de legare la pământ, la care este supus omul aflat la o distanță de 0,8 m de obiectul atins;
- tensiunea de pas (U_{pas} sau u_{pas}) – parte din tensiunea unei instalații de legare la pământ la care este supus omul când ating concomitent două puncte de pe sol (pardoseală) aflate la 0,8 m între ele, în apropierea unui obiect racordat la instalația respectivă de legare la pământ;
- curent de punere la pământ prin priză (I_p sau i_p) parte a curentului de defect , care trece prin electrozii prizei de pământ;
- priză de pământ naturală – priză de pământ constituită din elementele conductive ale unor construcții sau instalații destinate altor scopuri şi care sunt în contact permanent cu pământul, putând fi folosite în acelaşi timp pentru trecerea curentului de defect;
- priză de pământ artificială – priză de pământ ale cărui elemente componente (electrozi şi conductoare) sunt montate special pentru trecerea curentului de defect;

Soluții constructive pentru instalațiile de legare la pământ ale stațiilor de transformare

Prizele de pământ artificiale ale stațiilor de transformare exterioare se realizează din electrozi verticali situați la distanțe egale între ei (ce formează şi priza de pământ verticală), legați prin electrozi orizontali (ce formează priza de pământ orizontală) şi care sunt amplasați pe un contur din incinta stației la o distanță minimă de 1,5 m de îngrădire. Electrozii verticali au lungimea l=1...3 m, se îngroapă la o adâncime h≥0,8 m (între suprafața solului şi capătul superior) obişnuit se confecționează din țeavă galvanizată cu diametrul ϕ=2”÷2.1/2” şi se

amplasează la o distanță între ei a≥2l, distanță ce se poate micşora în condiții speciale până la a=l. Legăturile între electrozii verticali se execută obişnuit din oțel lat, prin sudare (priza orizontală), îngropată la adâncimea de 0,8÷1 m.

Instalația de dirijare a distribuției potențialelor se execută în interiorul conturului prizei artificiale (la minim 1,5 m de aceasta) cu electrozi orizontali (din oțel lat sau rotund) ce formează benzi paralele la cca 0,6 m de echipamente, îngropați la cel mult 0,6 m de echipamente, îngropați la cel mult 0,6 m; aceşti electrozi fac parte din instalația de legare la pământ şi constituie şi rețeaua conductoarelor de legare la pământ, rețea ce se leagă atât la priza de pământ artificială cât şi la toate obiectele.

La cca 0,8 m de fundațiile clădirilor din incinta stațiilor exterioare, se realizează un contur de electrozi orizontali (la care se leagă conductoarele principale din interiorul clădirii) contur care şi el se leagă cu restul instalației.

În fig.10.16 este prezentat un exemplu de realizare a unei instalații de legare la pământ pentru o stație electrică exterioară.

O priză de pământ formată dintr-o priză de pământ artificială, priză de pământ naturală şi priză pentru dirijarea distribuției potențialelor (legate între ele în paralel) se numeşte priză de pământ complexă.

Aceasta are o rezistență de dispersie formată din rezistențele în paralel ale prizei de pământ artificială verticală (R_p sau R_{pv}), prizei de pământ artificială orizontală (R_{po}), prizei de pământ pentru dirijarea distribuției potențialelor (R_{pd}), prizei de pământ naturale (R_{pn}) şi sistemelor formate din conductoarele de protecție şi prizele liniilor electrice aeriene.



Fig.10.16. Exemplu de realizare a unei instalații de legare la pământ pentru o stație electrică exterioară

5. Instalații de telecomunicații

Stațiile electrice de transformare pentru exploatare se echipează cu instalații de telecomunicații: telefonie, (telemăsură, telecomenzi) interfon, radio, televiziune în circuit închis, ceasoficare şi instalații pentru detectare şi semnalizare a incendiilor. Aceste diverse tipuri de instalații de telecomunicații se instalează sau nu şi se dimensionează în funcție de amplasarea stației şi de importanța stației pentru sistem.

Cele mai utilizate instalații de telecomunicații sunt cele de **telefonie** (care există în fiecare stație).

Posturile de transformare nu sunt de obicei dotate cu instalații de telecomunicații.

Instalațiile de telefonie ale stațiilor electrice sunt pentru telefonie tehnologică (de dispecer) şi de telefonie generală (administrativă).

Pentru conducerea sistemului energetic, stațiile de înaltă şi foarte înaltă tensiune se echipează obişnuit cu cel puțin două legături operative de telecomunicații cu dispecerul coordonator, una de bază şi a doua de rezervă care poate fi folosită şi pentru legăturile tehnico-administrative, dacă stația este subordonată la două trepte de dispecer trebuie să aibă legături telefonice directe cu fiecare din acestea. La stațiile de racord adânc (SRA) de 110 kV poate exista o singură legătură telefonică cu treapta superioară (stația de alimentare sau dispecer). Aceste legături telefonice operative trebuie să fie directe şi sigure.

Între stațiile electrice importante ale sistemului energetic se utilizează frecvent legături telefonice (telecomunicații) operative directe cu echipamente de înaltă frecvență propriu-zise, centrale telefonice automate şi echipamente de cuplaj la liniile de ÎT.

În stația electrică exterioară se montează elementele de cuplaj de înaltă frecvență numite din acest motiv şi instalații exterioare de telefonie. Bobinele de blocaj de înaltă frecvență sunt obişnuit suspendate de rigla cadrului de plecare a LEA respective, iar dacă nu este posibil, se montează pe suporți speciali sau sunt suspendate de stâlpi prevăzuți cu console speciale. Condensatoarele de cuplaj la LEA sunt obişnuit transformatoarele de tensiune capacitive ce se montează pe suporți de beton împreună cu elementele de protecție aferente, suporți ce se împrejmuiesc cu plasă de sârmă. Carcasele metalice ale elementelor de cuplaj şi armăturile suporților de beton se leagă la pământ. Cablurile telefonice de înaltă frecvență dintre camera de telecomunicații şi elementele de cuplaj se instalează în canale de cabluri sau în săpături.

Instalația de interfon este utilizată în special la stațiile ridicătoare ale centralelor electrice pentru legătura cu inginerul de serviciu pe centrală (ce conduce direct procesul tehnologic al întregii centrale, inclusiv stația ridicătoare) şi este utilizată pentru comunicări operative şi anumite dispoziții cât şi pentru conferințe, etc.

Instalația de televiziune în circuit închis este utilizată pentru urmărirea procesului tehnologic de exploatare (curentă şi revizie sau reparație) a echipamentului stației electrice. Această instalație este relativ simplă şi ieftină şi este formată din mai multe camere videocaptoare (ce pot fi orientate prin comandă de la distanță dacă este cazul) instalate în diferite puncte importante ale stației electrice şi 1-2 instalații de reproducere a imaginilor.

Instalația de ceasoficare este utilizată în special la stațiile electrice ridicătoare ale centralelor electrice. Această instalație este formată dintr-un ceas principal, o rețea de ceasoficare şi ceasuri secundare. De la un ceas principal se transmite periodic (de exemplu la fiecare minut), prin rețeaua de ceasoficare câte un impuls electric tuturor ceasurilor secundare (foarte simple) şi acestea înaintează minutarul cu câte un minut. În acest fel toate ceasurile de la diferite locuri de muncă indică aceeaşi oră şi astfel se conduce şi realizează mai uşor procesul de exploatare.

Instalația de detectare şi semnalizare a incendiilor poate îndeplini funcția de supraveghere automată permanentă a locurilor cu pericol ridicat de incendiu (de exemplu boxele transformatoarelor), prin controlul temperaturii apariției gazelor de ardere şi apariției flăcării; detectoarele acționează şi sub influența unui singur element din cele trei. Instalația poate doar să semnalizeze incendiul în camera de comandă a stației electrice şi să indice locul (optic şi acustic) sau poate executa şi comanda de intrare în funcție a instalației automate de stins incendii. Aceste instalații trebuie să aibă un timp scurt de intrare în funcție şi trebuie controlată, verificată şi revizuită la intervale relativ scurte de timp deoarece trebuie să aibă o fiabilitate foarte ridicată. Instalațiile de detectare şi semnalizare a incendiilor pot fi realizate în diferite variante mai simple (ieftine) sau mai complicate (scumpe) în funcție de importanța obiectului protejat. Normativele precizează condițiile de realizare a unor astfel de instalații.

10. TRANSFORMATOARELE DIN STAȚIILE ŞI POSTURILE DE TRANSFORMARE

10.1. Consideratii generale

Transformatoarele şi autotransformatoarele de putere sunt aparate, fără piese în mişcare, în care are loc modificarea unor parametri electrici ai energiei primite. Transformatoarele şi autotransformatoarele montate în stațiile electrice, în posturi de transformare sau în puncte de alimentare transformă un curent alternativ de o anumită tensiune în curent alternativ de o altă tensiune, fără a-i modifica frecvența. Ele reprezintă echipamentele de cea mai mare valoare din stațiile electrice sau din posturile de transformare.

În fig.10.1 este prezentată o vedere laterală a unu transformator de putere.

Principalele elemente constructive ale transformatoarelor şi autotransformatoarelor sunt: circuitul magnetic (miezul), înfăşurările, cuva şi capacul, conservatorul, comutatorul pentru reglajul tensiunii, izolatoarele de trecere, instalațiile de răcire, releele de gaze şi alte accesorii.

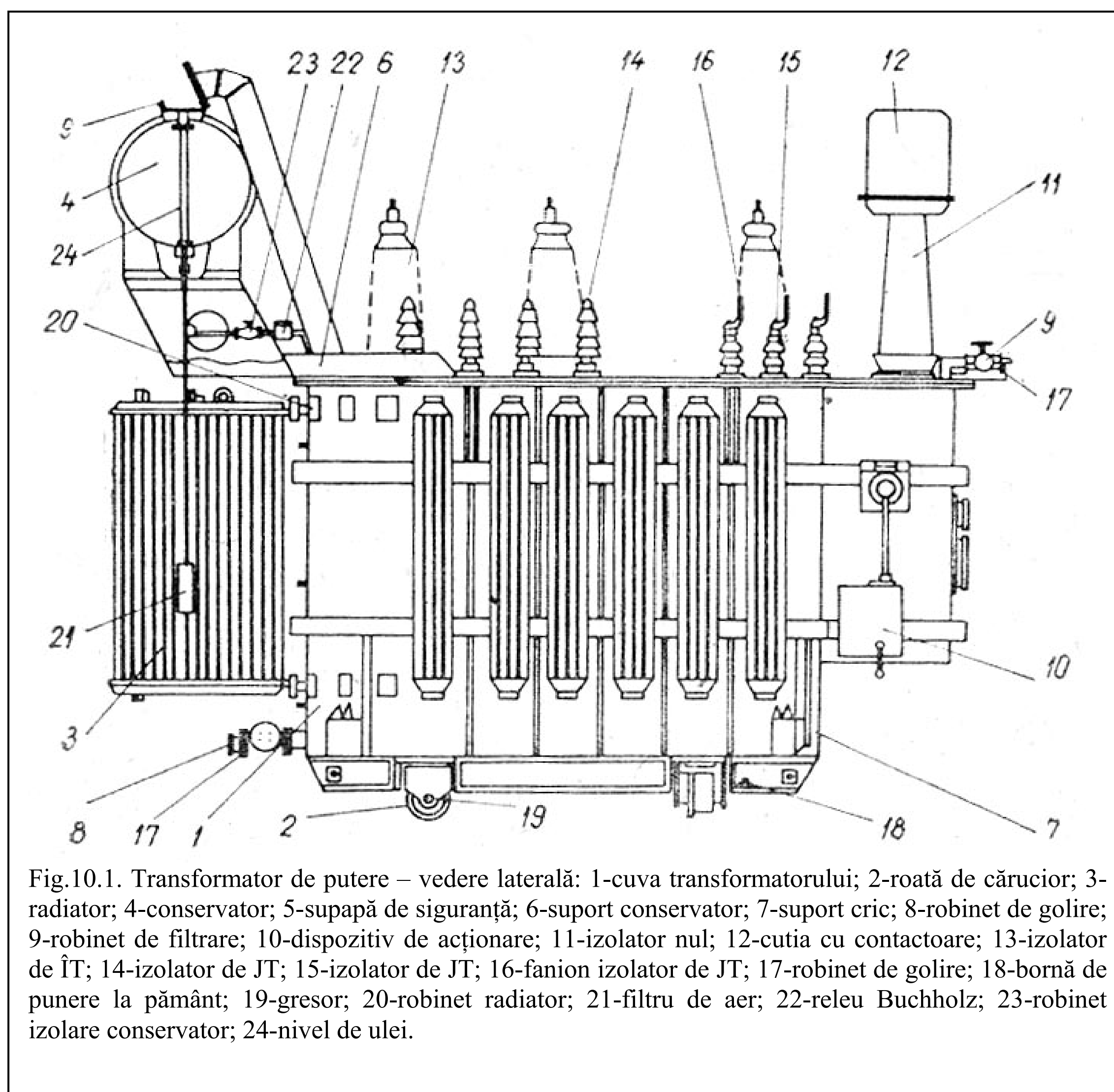


Fig.10.1. Transformator de putere – vedere laterală: 1-cuva transformatorului; 2-roată de cărucior; 3-radiator; 4-conservator; 5-supapă de siguranță; 6-suport conservator; 7-suport cric; 8-robinet de golire; 9-robinet de filtrare; 10-dispozitiv de acționare; 11-izolator nul; 12-cutia cu contactoare; 13-izolator de ÎT; 14-izolator de JT; 15-izolator de JT; 16-fanion izolator de JT; 17-robinet de golire; 18-bornă de punere la pământ; 19-gresor; 20-robinet radiator; 21-filtru de aer; 22-releu Buchholz; 23-robinet izolare conservator; 24-nivel de ulei.

10.2. Soluții constructive pentru montarea transformatoarelor de putere

O stație de transformare este formată din două sau mai multe instalații electrice de distribuție şi unul sau mai multe transformatoare de putere de interconexiune.

Numărul instalațiilor de distribuție este egal cu numărul nivelelor de tensiune din circuitele primare ale stației (de exemplu o stație de transformare de 220/110/6 kV are trei instalații de distribuție, una de 220 kV, a doua de 110 kV şi a treia de 6 kV).

Transformatoarele de forță de interconexiune realizează legăturile electrice între instalațiile de distribuție şi transformă parametrii energiei electrice tranzitate.

Într-o stație de transformare sunt obişnuit unul sau două transformatoare de interconexiune. Dacă stația de transformare are două nivele de tensiune, transformatoarele de forță sunt cu două înfăşurări. Dacă stația are trei nivele de tensiune, transformatoarele de interconexiune sunt obişnuit cu trei înfăşurări dar pot fi utilizate şi mai multe transformatoare cu două înfăşurări; soluția optimă depinde de tranzitul de putere între diferitele tensiuni, siguranța în exploatare, etapizarea instalației, etc.

Dacă stația are mai mult de trei nivele de tensiune, de exemplu 220/110/20/6 kV, se folosesc alte transformatoare pentru legătura cu cea de a patra instalație de distribuție (de exemplu de 110/20 kV pentru alimentarea instalației de distribuție de 20 kV de la care sunt racordate liniile electrice aeriene de electrificare rurală de 20 kV).

Transformatoarele de forță pot fi montate în exterior sau dacă nu este posibil se montează în interiorul unei clădiri (ce poate fi comună cu instalația de distribuție de medie tensiune). Obişnuit nu se montează în interior transformatoare cu o putere mai mare de câțiva zeci de MVA.

10.2.1. Montarea transformatoarelor de putere în exterior

Transformatoarele de putere se montează obişnuit în aer liber şi sunt echipate cu izolatoarele necesare nivelelor de tensiune şi funcționării în mediul exterior. Se montează în exterior deoarece au în cuvă cantități mari de ulei, deci prezintă pericol mare de incendiu.

Pentru reducerea pericolului de incendiere soluțiile constructive prevăd separări antifoc între două transformatoare alăturate pentru ca un eventual incendiu la un transformator să nu se transmită şi la transformatorul alăturat, precum şi sisteme de evacuare a uleiului. O altă soluție este montarea transformatoarelor la distanțe relativ mari (de peste 15 m) între ele precum şi între ele şi bobine în ulei; de asemenea trebuie ca transformatoarele de forță să fie amplasate la distanțe relativ mari de restul instalațiilor de distribuție.

Dacă transformatoarele au puteri mari, de peste 40 MVA şi sunt amplasate la distanțe reduse (sub 15 m) se realizează separări antifoc (pereți) din materiale incombustibile, pereți ce trebuie să depăşească cu cel puțin 1 m de fiecare parte gabaritul transformatorului şi să aibă înălțimea cel puțin egală cu a punctului cel mai înalt al său. Aceşti pereți pot fi folosiți şi pentru susținerea de aparate sau conductoare aferente transformatorului. Dacă transformatoarele sunt prevăzute cu instalații fixe de stins incendiul, pereții antifoc pot lipsi.

Instalațiile de stingere a incendiului pot fi cu bioxid de carbon, cu apă pulverizată sau funcționează pe principiul golire-spălare. Instalațiile de stingere a incendiului se bazează în principal pe izolarea de aer a uleiului aprins.

Instalațiile cu apă pulverizată trimit automat la intrarea în funcție spre transformator o mare cantitate de apă pulverizată, picăturile au o suprafață mare de contact cu mediul şi astfel se absoarbe din uleiul incendiat o mare cantitate de căldură şi în plus se formează o pătură de vapori de apă ce împiedică pătrunderea aerului spre flacără. Repunerea în funcție a transformatorului după stingerea incendiului se face fără dificultăți, iar funcționarea instalației este fără pericol atât pentru personalul de exploatare cât şi pentru transformator.

Instalațiile ce funcționează pe principiul golire-spălare la intrarea în funcție golesc parțial cuva transformatorului, insuflă un jet de azot sub presiune în cuvă, uleiul rece de la baza cuvei este împins la partea sa superioară unde se formează o pătură de azot şi astfel scade temperatura uleiului din zona de flacără sub temperatura sa de aprindere şi se izolează uleiul de aer. După funcționarea instalației nu se poate imediat repune transformatorul în serviciu şi ca urmare nu se face automatizarea funcționării instalației. Acest tip de instalație se foloseşte şi la transformatoarele montate în interior.

Instalațiile cu bioxid de carbon la intrarea în funcție izolează cu bioxid de carbon (gaz ce împiedică izolarea transformatorului aprins de aer) ca urmare instalația de acest tip poate fi folosită numai la transformatoare montate în interior, într-o încăpere separată unde se poate înlocui repede aerul din încăpere cu CO_2.

Transformatoarele de forță sunt foarte grele şi ca urmare trebuie aşezate pe şine de cale ferată cu rolele calate, şine îngropate în grinzile de beton ale unei fundații independente (pentru a nu se transmite vibrații). Legăturile bornelor transformatoarelor de putere ale stațiilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune/medie tensiune (IT/MT sau FIT/MT) se face obişnuit prin conductoare flexibile pe partea de IT (FIT) cu instalația de distribuție corespunzătoare nivelului de tensiune (IT sau FIT) şi cu bare rigide pe partea de MT.

10.2.2. Montarea transformatoarelor de putere în interior

Montarea în interior a transformatoarelor de mare putere cere o soluție complicată şi scumpă datorită necesității evacuării căldurii degajate în timpul funcționării transformatoarelor, măsurile de prevenire, combatere şi limitare ale efectelor eventualelor incendii şi măsurile necesare de împiedicare a propagării zgomotelor şi vibrațiilor, şi ca urmare obişnuit se montează în interior numai transformatoarele cu puteri de cel mult câtiva MVA.

Montarea în interior a transformatoarelor cu puteri mari, se face numai când nu este posibilă montarea lor în exterior din diferite motive cum sunt poluarea intensă, condiții de sistematizare sau distanță prea mare între instalația de medie tensiune, interioară şi cea de înaltă tensiune de tip exterior (de exemplu CHE Argeş unde transformatoarele sunt montate în subteran lângă sala maşinilor şi datorită lipsei de spațiu, greutăților de transport şi de introducere în subteran s-au folosit 7 transformatoare monofazate, din care unul de rezervă, iar celelalte 6 legate convenabil, formează două grupuri ce corespund da două transformatoare trifazate de MT/IT.

Transformatoarele cu puteri mici (până la câțiva MVA) ce se montează în interior, sunt de obicei de construcție normală, deci pentru funcționare în exterior.

Transformatoarele de putere medie pot fi prevăzute şi cu radiatoare aer-ulei separate.

Transformatoarele de mare putere montate în interior sunt prevăzute obişnuit cu instalație de răcire forțată (când ventilația naturală nu este satisfăcătoare). Răcirea forțată se realizează cu ajutorul unor radiatoare aer-ulei sau apă-ulei.

Măsurile de prevenire, combatere şi limitare ale efectelor eventualelor incendii la transformatoarele de putere montate în interior, se bazează pe montarea fiecărui transformator într-o boxă separată, prevăzută cu porți metalice spre exterior, dimensionate pentru a putea introduce sau scoate transformatorul. Restul măsurilor sunt asemănătoare cu cele din cazul montării transformatoarelor de putere în exterior.

Transformatoarele de mare putere montate în interior, pentru a nu transmite vibrațiile magneto-stricțiunii circuitului magnetic care produce forțe magnetice la îmbinările tolelor (vibrații ce pot duce la rezonanța unor elemente ale construcțiilor apropiate), se montează pe fundații complet separate de orice element al clădirii, între ele şi fundațiile lor se introduc straturi de materiale antivibrante (pâslă, cauciuc, plută, etc.) iar racordurile (conductoarele rigide şi conductele de ulei) se prevăd cu piese elastice. Vibrațiile deranjează personalul stațiilor şi chiar locuitorii clădirilor vecine şi pot avaria instalațiile de protecție prin relee, aparatele cu mecanisme fine, etc.

Transformatoarele de mare putere ce se montează în interior produc zgomote supărătoare şi ca urmare pentru reducerea zgomotelor se pot folosi transformatoare speciale. Aceste

transformatoare speciale antifonate sunt scumpe, reducerea zgomotului este relativ limitată şi ca urmare nu sunt folosite decât în anumite cazuri. Pentru limitarea propagării zgomotelor, se montează în jurul transformatorului panouri fonoabsorbante demontabile.

10.3. Exploatarea transformatoarelor de putere

10.3.2. Protecția uleiului de transformator

Siguranța în funcționare şi durata de viață a unui transformator depind în mare măsură de starea uleiului din cuva transformatorului. Proprietățile fizice ale uleiului se modifică în decursul exploatării, uleiul îmbătrâneşte. Cele mai importante caracteristici ale uleiului din punct de vedere al exploatării sunt rigiditatea dielectrică şi tangenta unghiului de pierderi.

Orice impuritate care pătrunde în ulei influențează negativ rigiditatea lui dielectrică. Impuritățile din ulei pot fi solide, lichide sau gazoase. Impuritățile solide provin mai ales din procesul de fabricație al transformatorului, ele sunt particule de hârtie, lemn, rugină, vopsea, etc. Unele particule de impurități absorb umezeala, formează particule cu permitivitate ridicată, se grupează şi se orientează în direcția câmpului electric, realizând punți de străpungere prin ulei.

Dintre impuritățile gazoase şi lichide, importanță deosebită prezintă oxigenul şi apa, care degradează uleiul şi acționează defavorabil şi asupra izolațiilor solide ale transformatorului.

Contactul, sub orice formă, dintre ulei şi aer duce la procesul de oxidare a uleiului.

Apa din ulei provine din umiditatea aerului din mediul înconjurător şi în urma proceselor de descompunere ale uleiului. Consecința imediată a creşterii umidității uleiului este micşorarea rigidității lui dielectrice. În acelaşi timp umiditatea micşorează rigiditatea dielectrică a izolației de hârtie, accelerează pierderea calităților mecanice ale hârtiei, adică accelerează îmbătrânirea izolației de hârtie.

Este necesară protejarea uleiului față de umiditatea şi oxigenul din aerul mediului înconjurător. Cea mai simplă protecție este *aplicarea conservatorului de ulei*, prin care se realizează o suprafață de contact micşorată dintre ulei şi aer. Atât procesul de oxidare, cât şi procesul de absorbție a umidității sunt favorizate de o temperatură mai ridicată. De aceea se urmăreşte menținerea temperaturii uleiului din conservator la valori scăzute. În acest scop conservatorul se leagă cu cuva transformatorului printr-o țeavă relativ subțire, care asigură răcirea uleiului, care datorită dilatației termice trece din cuvă în conservator.

Spațiul de aer din conservator comunică cu exteriorul printr-o țeavă pe care sunt filtre de oxigen şi de apă.

Un procedeu răspândit de încetinire a procesului de îmbătrânire a uleiului este *introducerea în ulei a unor substanțe*, denumite inhibitori, care împiedică direct desfăşurarea procesului chimic de oxidare a uleiului.

Încă în procesul de fabricație al transformatorului trebuie să se aibă în vedere acțiunea catalitică a metalelor în procesul de oxidare a uleiului. De aceea, se prevăd *metode de pasivizare a suprafețelor metalice din transformator*, cum ar fi acoperirea acestora cu un lac special.

Măsurile indicate de protecție a uleiului de transformator încetinesc procesul de îmbătrânire a uleiului, dar nu îl elimină complet. Astfel se impun măsuri de control şi întreținere a uleiului.

Periodic, se verifică aspectul (culoarea) uleiului, prezența cărbunelui în suspensie, prezența apei, punctul de inflamabilitate, aciditatea organică, impuritățile mecanice, rigiditatea dielectrică şi tangenta unghiului de pierderi.

Întreținerea uleiului de transformator înseamnă îndepărtarea impurităților, a produselor de oxidare şi a apei din ulei. Procedeele de întreținere sunt: decantarea, filtrarea, centrifugarea, uscarea sau tratarea în vid a uleiului.

Dacă uleiul este pronunțat oxidat, el trebuie regenerat. Metodele de regenerare sunt similare cu metodele de rafinare ale uleiului. Prin ele se îndepărtează din ulei acizii, hidrocarburile nesaturate şi apa. La schimbarea uleiului trebuie luate măsuri de îndepărtare a produselor de oxidare ale uleiului din izolațiile solide ale transformatorului.

O protecție mult superioară a uleiului se realizează prin *interpunerea între uleiul din transformator şi atmosferă a unei perne de azot.* Astfel, se elimină procesul de oxidare a uleiului şi de asemenea, se elimină aproape complet şi procesul de absorbție a umidității, ceea ce duce la mărimea considerabilă a duratei de viață a uleiului, precum şi a materialelor izolante solide ale înfăşurărilor şi deci a transformatorului.

O altă modalitate de eliminare a contactului dintre uleiul din transformator şi aerul din mediul înconjurător este *separarea uleiului de aer în conservator printr-o membrană elastică*, care urmăreşte variațiile de volum ale uleiului. Sau, în cuva transformatorului umplută complet cu ulei se introduce un *balon elastic, de asemenea umplut cu ulei*. Balonul elastic comunică cu un expandor.

10.4. Mentenanța transformatoarelor de putere

În SEN se află în exploatare (la nivelul anului 2003) un număr de 339 transformatoare şi autotransformatoare de putere nominală cuprinsă între 63 şi 440MVA şi cu tensiunile nominale cuprinse între 110 şi 750 kV. Marea majoritate dintre acestea au durata de funcționare mai mare de 25 de ani, perioadă considerată ca fiind „durata de viață standard".

La transformatoarele de putere punctele critice sunt:

a) înfăşurările:
- scăderea parametrilor de izolație sub limitele minime admise ceea ce poate conduce la străpungerea izolației la supratensiuni;
- slăbirea rezistenței la eforturi electrodinamice.

b) trecerile izolate – se datorează calității inferioare a acestora;

c) sistemul de consolidare a înfăşurărilor realizat din materiale magnetice
- supraîncălzirea puternică a pieselor de presare (prezon-șaibă), ceea ce conduce la deformarea lor termică şi la degradarea termică a materialelor izolante;

d) comutatoarele cu reglaj sub sarcină;

e) circuitul magnetic – se datorează cantității relativ mari de impurități mecanice şi de umiditate din ulei care determină scăderea izolației tolelor, a pachetelor de tole, a schelelor;

f) sistemul de răcire:
- reducerea capacității de răcire prin înfundarea canalelor de circulație a aerului sau uleiului.

În cursul exploatării transformatoarelor se execută următoarele lucrări de întreținere curentă:
- înlocuiri de siguranțe la transformatoarele protejate prin siguranțe (înlocuirea se face cu transformatoarele deconectate de la rețea şi cu instalațiile legate la pământ);
- măsurători de sarcină şi tensiune în conformitate cu reglementările în vigoare;
- dacă sub transformatoarele montate în exterior există pat de piatră, afânarea şi greblarea periodică a acestuia pentru a permite scurgerea şi depistarea scurgerii uleiului;
- verificarea fundațiilor şi a îngrădirilor; punerea la punct a dispozitivelor de închidere şi încuiere;
- completarea cu cerneală a aparatelor înregistratoare;
- demontări şi montări de aparate de măsurat aparținând instalației transformatorului;
- înlocuirea silicagelului.

În cadrul activității de exploatare-întreținere, în care se stabilesc lucrările care trebuie să readucă şi să mențină instalațiile în starea tehnică prescrisă, pe lângă lucrările din activitatea de exploatare şi întreținere curentă, un rol deosebit îl au lucrările din activitatea de revizii şi reparații (programare sau accidentale). Aceste lucrări sunt: revizia tehnică (RT), reparația curentă (RC), reparația capitală (RK).